



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA EVALUAR LA
FLEXOMETRÍA DEL CUERO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORES

MARIA AUGUSTA PAZ VELASCO

XIMENA MERCEDES REASCOS JÁCOME

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

Este trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal

Ing. Adriana Alexandra Pesantez Erazo.
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Riobamba 11, de Diciembre 2015.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mis padres Martha Velasco y Milton Paz, ellos son la bendición más grande en mi vida y sin ellos nada hubiera sido posible.

Quiero dedicar también como un homenaje póstumo este trabajo.

A mi abuela Hortensia González a quien nunca olvidaré y por quien siempre elevaré la oración más cariñosa a Dios, pues ella me enseñó que no hay edad para trabajar que la vida y el pan de cada día se gana con el esfuerzo, que un buen cartón puede hacer que comas el más sabroso rompopé, que no importa cuánto tengas y si lo que entregas, y que la muerte no es el fin del camino mientras en oraciones recuerdes a quien hayas perdido.

A mi primo Diego Calles, sé que estuvieras feliz por mí, si pudiera contarte cómo han cambiado las cosas desde que no estas, si pudieras ver como todos hemos crecido, te extraño y extraño mucho disfrutar de tu presencia, de la buena música que escuchabas, del misterio que envolvía tu mirada, gracias porque a través de tu historia de amor, puedo comprender que sí hay amores que van mucho más allá de la muerte.

A mi tío Hugo Calles, también quiero dedicarle este triunfo a él porque muchas cosas me quedaron pendientes por cumplirle, pero sé que desde donde él está, reirá conmigo como lo hacía aquí en la tierra.

Y finalmente quiero dedicar a todos mis pequeñitos de la familia Diego Alejandro, Diego Martín, Mateo, Doménica, Emilio, Esteban, Nicolás, Matías, y Janely, mis preciosos que alegran mi vida.

María Augusta Paz Velasco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la alegría de ver y sentir el amor, gracias por días tristes y días felices , gracias Señor por permitirme trabajar para ti, te agradezco por las heridas, sufrimientos y desdichas del camino, por los triunfos, sonrisas, alegrías y esperanzas, Gracias Señor porque cuando te pido que no me abandones ahí estas gracias por tu creación y por la más grande creación de la que me permites disfrutar mi MAMÁ, es por ella que aprendí a amarte, es por ella que comprendí de forma natural y para siempre que sólo el amor nos libera del miedo, de su mano aprendí el valor de la lealtad, la fidelidad a la palabra dada, la compasión con el sufriente, la valentía de amar sin condición de saber entregar el alma y el corazón por lo que uno ama, es por ella de quien aprendo que la felicidad viene del cielo, y que solo la sabiduría que llega de lo alto es la que hace que podamos vivir en paz, es ella de quien aprendo que no importa si la gente te falla lo más importante es que tu no les falles, ella que tiene los brazos más cálidos en los que aun puedo descansar, gracias Mami porque todo lo que tengo se lo debo a usted.

Gracias PAPI por nunca olvidarme porque sé que siempre estaré en su mente y corazón, por ser mi primer amor, por ser un caballero, por ser un PLUS ULTRA, gracias a mis tías Josefina, Fabiola, Fanny, Alicia, a mis tíos Marco, Nelson, y Hugo a todos mis primos y mis hermanos, gracias a mis amigos en especial a Gaby mi pequeña gaviota , por ser tan incondicional conmigo porque eres la prueba que los amigos verdaderos nunca se olvidan, por ser la mejor amiga y la hermana que Dios me regaló, gracias Xime por ser mi compañera de vida por las cosas que compartimos juntas, por todo lo que vivimos durante estos años de carrera universitaria, gracias a mis amigos Esteban y Yanick , gracias a todas las personas que están y estuvieron conmigo desde que comencé esta carrera, compañeros, profesores, mil gracias a todos, desde el fondo de mi ser agradezco a todos y cada uno de ustedes, y gracias a la ESPOCH por enseñarme que hay que SABER PARA SER.

María Augusta Paz Velasco

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico de una manera muy especial a mi madre Victoria, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, y por ella es por quien quiero seguir superándome para ser cada día mejor como profesional, como persona, como ser humano, porque quiero que ella se sienta orgullosa de mí desde el cielo.

A mi padre Miguel, quien me ha dado su apoyo incondicional y ha estado conmigo en todo momento, ayudándome siempre a tomar las mejores decisiones y enseñándome a ser fuerte en todas las circunstancias, por todos sus esfuerzos y sacrificios que ha hecho por mí, que hicieron que esta meta hoy se cumpla.

A mis hermanos Juan Pablo, Patricia, Marielena, Migue, quienes al igual que mi papá siempre han estado para mí en todo momento, en especial a mi hermana Marielena quien es como mi madre y mi confidente, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar, pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me hacen admirarla cada día más.

A Alexis, por ser una parte importante y especial en mi vida, gracias por comprenderme, apoyarme y ayudarme en mi carrera profesional, y ocupar un espacio en mi corazón. Te amo.

A todos mis sobrinos, quienes con su inocencia e imaginación se encuentran llenos de sueños por cumplir, que sé que lograrán eso y mucho más, los amo a cada uno de ustedes que llenan mi vida de felicidad y son motivo de inspiración para mí.

Ximena Mercedes Reascos Jácome

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque sin el nada de esto hubiera sido posible, gracias por permitirme cumplir uno de mis sueños.

A mis padres, Victoria que aunque ya no se encuentre conmigo es por ella por quien yo fui y sigo siendo fuerte ante cada obstáculo, por ella tengo mis metas bien enfocadas y por ella quiero cumplirlas todas. Miguel quien con su carácter, seriedad e integridad lo cual he heredado, me ha guiado siempre por el camino del bien, aunque sea difícil comunicarnos por ser tan parecidos, yo te amo aunque no te lo diga seguido y te agradezco por haberme ayudado a ser hoy una ingeniera. A mis hermanos, quienes desde pequeña siempre fueron mi ejemplo y lo siguen siendo, ya que admiro a cada uno de ellos, gracias dios por esa gran familia que tengo.

A mis compañeros que en toda mi carrera se convirtieron en mis amigos siendo ellos parte fundamental de mi vida estudiantil, con quienes compartí momentos de risas, llantos, amanecidas, estudios, tardes de deberes. Gracias a ustedes amigos míos por ser mi familia en Riobamba. Sin ustedes hubiera sido más difícil vivir lejos de mi familia. Especial a mi amiga María Augusta Paz y a su familia quien me acogió como una integrante más de su familia, gracias hermanita por ayudarme en todo momento ya que sin ti esta meta tampoco hubiera podido ser cumplida, te quiero mucho.

A Alexis por tener tantas cosas en común conmigo, por compartir su vida a mi lado y juntos vivir una historia única y especial llena de amor, con problemas que hemos superado con el amor que tenemos.

Gracias a todos por formar parte de mi historia en el libro de la vida. Gracias infinitas a todas las personas que me rodean y me han dado la oportunidad de conocerlas.

Ximena Mercedes Reascos Jácome

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstrac	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Fotografías	x
Lista de Anexos	xi
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	2
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	4
A. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL	4
B. PIEL CAPRINA	5
C. CURTIDO DEL CUERO	7
1. <u>Operaciones de ribera para la curtición de pieles caprinas</u>	7
a. Ribera	7
b. Pelambre y calero	7
c. Descarnado	8
d. Desencalado y purga enzimática	9
e. Piquelado	10
f. Precurtición y curtido	12
2. <u>Curtición al cromo</u>	13
3. <u>El Cromo</u>	13
4. <u>Sales curtientes de cromo</u>	14
a. Alumbre de cromo	14
b. Dicromatos	14
c. Sulfato básico de cromo	14
d. Factores que regulan la curtición al cromo	15
e. Características de la piel piquelada	15
f. Adición de sales neutras	16
g. Tamaño de los complejos	17
h. Concentración y basicidad	18
i. Temperatura	18
j. Enmascaramiento	19
5. <u>Beneficios de la curtición al cromo</u>	20
6. <u>Características de la piel curtida al cromo</u>	21

a.	Rebajado	21
b.	Recurtido - neutralizado - teñido – engrase	21
c.	Secado y humectado	23
d.	Aserrinado	23
e.	Estacado	23
f.	Acabados	23
D.	CONTROL DE CALIDAD DE LA PIEL Y EL CUERO	24
1.	<u>Normalización</u>	24
a.	Normas Internacionales del IULTCS	26
2.	<u>Test subjetivos</u>	27
a.	Métodos para el análisis sensorial del cuero	27
E.	TEST FÍSICO-MECÁNICOS	28
1.	<u>Pruebas de resistencia</u>	28
a.	Tensión y elongación	28
b.	Desgarre	29
c.	Ruptura de flor	30
2.	<u>Resistencia a la costura</u>	30
a.	Encogimiento	31
3.	<u>Pruebas de acabado</u>	31
a.	Resistencia a la flexión	32
b.	Daños que se presentan en el cuero al medir la resistencia a la flexión	34
4.	<u>Resistencia a la fricción</u>	36
5.	<u>Adherencia del acabado</u>	36
6.	<u>Desteñimiento</u>	37
7.	<u>Pruebas de confort</u>	37
a.	Absorción y des absorción estática de agua	37
b.	Absorción dinámica de agua	37
c.	Permeabilidad al vapor de agua	38
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	38
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	38
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	39
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	39
1.	Materiales y equipos para la construcción del prototipo mecánico (Flexómetro)	39
a.	Materiales	39
b.	Equipos	40
2.	Materiales, equipos, y productos químicos para la curtición de pieles	40

a.	Materiales	40
b.	Equipos	41
c.	Productos químicos	41
D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	42
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	42
1.	<u>Sensoriales</u>	42
2.	<u>Físicas</u>	42
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	42
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	42
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	45
1.	<u>Análisis sensorial</u>	45
2.	<u>Análisis Físico (determinación de la resistencia la flexión del cuero)</u>	45
a.	Preparación de la muestra	46
b.	Manipulación de la probeta	46
c.	Evaluación periódica de la probeta	47
d.	Informe de resultados	48
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	48
A.	DIMENSIONES DEL ÁREA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EL EQUIPO	48
1.	Área del equipo	48
2.	Área para operación del equipo	51
3.	Área total requerida para la implementación del equipo	52
4.	Distancia simulada en el cuero en la prueba de flexión	52
5.	Esfuerzo aplicado sobre el cuero durante la prueba	53
6.	Cálculo de la eficiencia del equipo	59
3.	Fundamento	59
B.	PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS APLICADAS AL CUERO	60
1.	<u>Ordenamiento de los resultados</u>	60
2.	<u>Datos cuantitativos de la resistencia a la flexión</u>	61
3.	<u>Precisión del equipo</u>	63
4.	<u>Exactitud del equipo</u>	64
C.	RESULTADO DE LAS PRUEBAS SENSORIALES APLICADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO	65
1.	<u>Blandura</u>	65
2.	<u>Llenura</u>	68
D.	MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO	71
1.	<u>Alcance</u>	71

2.	<u>Objetivo</u>	71
4.	<u>Procedimiento</u>	71
a.	Toma y preparación de la muestra	71
b.	Número de replicados	72
c.	Colocación de la probeta en las pinzas y procedimiento del equipo	72
d.	Verificación del daño de la probeta	74
e.	Informe de resultados	75
5.	Mantenimiento del equipo	76
E.	PROYECCIÓN ECONÓMICA	76
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	78
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	79
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	80
	ANEXOS	

RESUMEN

La presente investigación consistió en la implementación de un prototipo mecánico para la evaluación de la flexometría del cuero en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias para lo cual se realizó en primera instancia el diseño del equipo considerando las directrices establecidas en las normativas aplicables a la medición de flexometría de los cueros y superficie destinada a la instalación del prototipo, posteriormente se realizó la construcción del equipo utilizando materiales que garantizaran una vida útil mínima de 5 años para finalmente instalar el equipo en el laboratorio considerando la factibilidad y seguridad en la operación del mismo. Para la validación de las condiciones de operación del equipo se midió la flexometría de 5 muestras de cuero caprino, paralelamente se hizo la evaluación de la misma característica física en un laboratorio certificado (ANCE), tomando 5 muestras de la misma matriz para posteriormente determinar la validez de los datos obtenidos con el prototipo. Tomando como referencia los valores del laboratorio acreditado se determinó que el equipo implementado reporta los datos de manera precisa y exacta, en vista a que la desviación estándar, coeficiente de variación, sesgo y error relativo entre los datos reportados por el prototipo y los datos de referencia fueron igual a 0, valor que es indicativo que los resultados obtenidos con el prototipo se ajustan a la realidad de las muestras y puede ser aplicado en la valoración de la flexometría para futuras investigaciones dentro del campo de la curtición.

ABSTRACT

The research consisted of the implementation of the mechanical prototyping for the evaluation of the flexometer of the leather tanning of skins of the Faculty of Livestock Sciences laboratory, which was in the first instance the design team considering the guidelines set out in the regulations applicable to the measurement of flexometer of hides and surface for the installation of the prototype later was the construction of the team using materials that guarantee a minimum shelf life of 5 years to finally install it in the laboratory considering the feasibility and safety in operation. For the validation of the equipment operation conditions the flexometer of 5 samples of the goat leather, was measured in parallel was the evaluation of the same physical characteristic in a certified laboratory (ANCE), taking 5 samples of the same matrix for later determine validate it the data obtained with the prototype. With reference to the values of the accredited laboratory determined that implemented team reports the data accurate and precise, in view that the standard deviation, coefficient of variation, bias and relative error between the data reported by the prototype and reference data were equal to 0, value that in indicative to the results obtained with the prototype are in accordance with the reality of samples and can be applied in the assessment of the flexometer for future research within the field of tanning.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.	35
2.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.	39
3.	REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLEXOMETRIA.	61
4.	RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REALIZADO EN ANCE.	62
5.	RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REALIZADO EN EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	62
6.	TRANSFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ORDEN CUALITATIVO A ORDEN CUANTITATIVO APLICADO A LOS RESULTADOS REPORTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.	63
7.	RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REPORTADOS POR EL LABORATORIO DE REFERENCIA Y DEL LABORATORIO DE FCP.	63
8.	DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS RESULTADOS REPORTADOS POR EL EQUIPO IMPLEMENTADO.	64
9.	DETERMINACIÓN DE LA EXACTITUD DE LOS RESULTADOS REPORTADOS POR EL EQUIPO IMPLEMENTADO.	65
10.	RESULTADO DEL ANÁLISIS SENSORIAL CORRESPONDIENTES A BLANDURA QUE PRESENTARON LAS MUESTRAS DE CUERO. RESULTADO DEL ANÁLISIS SENSORIAL CORRESPONDIENTES A	66
11.	LLENURA QUE PRESENTARON LAS MUESTRAS DE CUERO.	69
12.	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CUERO.	77

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	Esquema de la piel.	5
2.	Tamaño de los complejos.	17
3.	Olificación de Compuestos Di nucleares.	17
4.	Pinza de sujeción superior (móvil).	46
5.	Pinza de sujeción inferior (fija) y ubicación de la probeta.	47
6.	Resultado del análisis sensorial correspondiente a blandura que presentaron las muestras de cuero.	63
7.	Resultado del análisis sensorial correspondiente a llenura que presentaron las muestras de cuero.	70

LISTA DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.	Zona de toma de muestra.	71
2.	Medidas de la probeta.	72
3.	Pinza de sujeción superior (móvil).	73
4.	Pinza de sujeción inferior (fija) y ubicación de la probeta.	73

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Nº		Pág.
1.	Placas móviles y fijas de acero inoxidable.	43
2.	Chumaceras y placas.	43
3.	Caja principal del sistema eléctrico.	44
4.	Máquina ensamblada.	44
5.	Contador digital.	74
6.	Pulsadores de encendido y apagado.	74

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Componentes del prototipo mecánico.
2. Receta para la curtición de pieles caprinas.
3. Estadística descriptiva de los datos sensoriales (blandura), medidos en el laboratorio de curtición de pieles de la ESPOCH.
4. Estadística descriptiva de los datos sensoriales (llenura).
medidos en el laboratorio de curtición de pieles de la ESPOCH.
5. Estadística descriptiva de la resistencia a la flexión de cueros caprinos medidos en el laboratorio de ANCE.
6. Estadística descriptiva de la resistencia a la flexión de cueros caprinos medidos en el laboratorio de laboratorio de curtición de pieles de la ESPOCH.
7. Formato para pruebas de flexión.

I. INTRODUCCIÓN

La industrialización del cuero constituye una actividad muy importante en el desarrollo del país, ya que genera riqueza. Durante los últimos diez años se ubica con los textiles, la agricultura y el comercio, en el grupo de los sectores de mayor relevancia. Dentro del proceso de producción para convertir la piel en cuero la etapa principal es el control de calidad, pues de esto dependerá en gran medida la calidad final del cuero. El control de calidad, permitirá predecir el comportamiento del material en el uso práctico, servirá para desarrollar nuevos productos o formulaciones empleando materiales o combinaciones diferentes a los ya utilizados, además nos ayudará a verificar si se cumple con los estándares de calidad de normas nacionales e internacionales.

El control de calidad en la fabricación de cueros es muy amplio pues se deberán aplicar una serie de normas de ensayo o métodos de análisis que servirán para determinar el nivel de calidad del cuero, entre estos están los test físico mecánicos que son realizados a través de equipos y personas entrenadas. Este tipo de pruebas se realizarán en cuero semi-acabado y acabado, y, la finalidad que persiguen es demostrar la resistencia del cuero al agua, flexión, calor, luz, etc. La prueba de resistencia a la flexión, determinará los efectos de las flexiones sucesivas sobre los cueros. Las pieles curtidas deberán resistir 50000 flexiones en seco y 10000 flexiones en húmedo, a estos valores el cuero no deberá romperse, ni cuartearse.

Durante las dos últimas décadas la industria del cuero tiende a globalizarse, lo que conlleva serios retos para quienes se dedican a este tipo de actividad. La industria del cuero es un sector productivo capaz de generar importantes plazas de empleo, dada a la tecnología requerida y las condiciones de precios relativos prevalecientes. Hoy en día en nuestro país muchos de los pequeños artesanos del cuero, empresas, laboratorios; no cuentan con la maquinaria para realizar controles en los procesos de producción, esta falta de equipamiento es un inconveniente, ya que el sector de la curtiembre se hace menos competitivo en los mercados globalizados.

Los cueros que son destinados a la fabricación de calzado, marroquinería, vestimenta, etc. deben ser sometidos a pruebas de resistencia a la flexión, para que el producto final cumpla satisfactoriamente las necesidades para las cuales son destinados, si no se realizan controles de flexometría se pueden presentar anomalías en los cueros como resquebrajamiento, rompimiento, y deterioro del acabado.

El equipo utilizado para esta prueba se denomina flexómetro, la implementación de esta máquina en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH es de suma importancia, especialmente para la formación académica de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Pecuarias, así como también servirá de referencia para empresas, que se interesen por diversificar su producción en cantidad y la calidad requerida.

Para la realización de la presente investigación se buscó el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Implementar un prototipo mecánico para evaluar la flexometría del cuero curtido con cromo en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- Diseñar un prototipo mecánico para realizar ensayos de flexión en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- Construir e instalar un flexómetro, seleccionando los materiales y métodos constructivos que más se ajusten al diseño del mismo.
- Comprobar el funcionamiento del prototipo mecánico realizando ensayos en pieles curtidas con cromo, y compararlos con las normas europeas para el control de calidad del cuero.
- Evaluar los costos de construcción, instalación y funcionamiento del flexómetro.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIEL

La piel fresca está formada por un retículo de proteínas fibrosas bañadas por un líquido acuoso que contiene proteínas globulares, grasas, sustancias minerales y orgánicas. (Hidalgo, L. 2004).

- Agua: 64 %.
- Proteínas: 33 %.
- Grasas: 2 %.
- Sustancias minerales: 0,5 %.
- Otras sustancias: 0,5%.

Entre estos valores el contenido de agua en la piel es el que se destaca. Aproximadamente un 20 % de esta agua se encuentra combinado con las fibras de colágeno de forma similar. Del total de proteínas que tiene la piel aproximadamente un 94 a 95 % es colágeno, 1 % elastina, 1 a 2% queratina y el resto son proteínas no fibrosas. La piel vacuna contiene poca grasa, la de cerdo de 4 a 40 %, en los ovinos de 3 a 30 % y en las de cabra de 3 al 10 %. Estos porcentajes se encuentran calculados sobre piel seca, de estas cantidades el 75 a 80 % son triglicéridos. Las proteínas de la piel se clasifican en dos grandes grupos que son las fibrosas y las globulares. (Cotanc, A. 2004).

Las proteínas fibrosas son la queratina, el colágeno y la elastina, a las globulares pertenecen las albúminas y las globulinas. Las queratinas son las proteínas que forman el pelo y la epidermis, se caracteriza por el elevado contenido en su molécula del aminoácido cistina, cuyos porcentajes sobre peso de proteína varían entre los valores de 4 al 18%. Químicamente es más reactivo que la elastina pero menos que las proteínas globulares. Las proteínas globulares se encuentran en la piel formando parte de la sustancia intercelular, proceden del protoplasma de las células vivas de la piel. Son fácilmente solubles y muy reactivas químicamente. (Cotance, A. 2004).

Entre los lípidos que contiene la piel los más abundantes son los triglicéridos. Los triglicéridos forman depósitos que sirven de reserva nutritiva para el animal. Se encuentran diluidos por toda la dermis, pero se acumulan sobre todo en el tejido subcutáneo, constituyendo el tejido adiposo. En el (gráfico 1), se ilustra el esquema de la piel. (Arendariz, V. 2013).

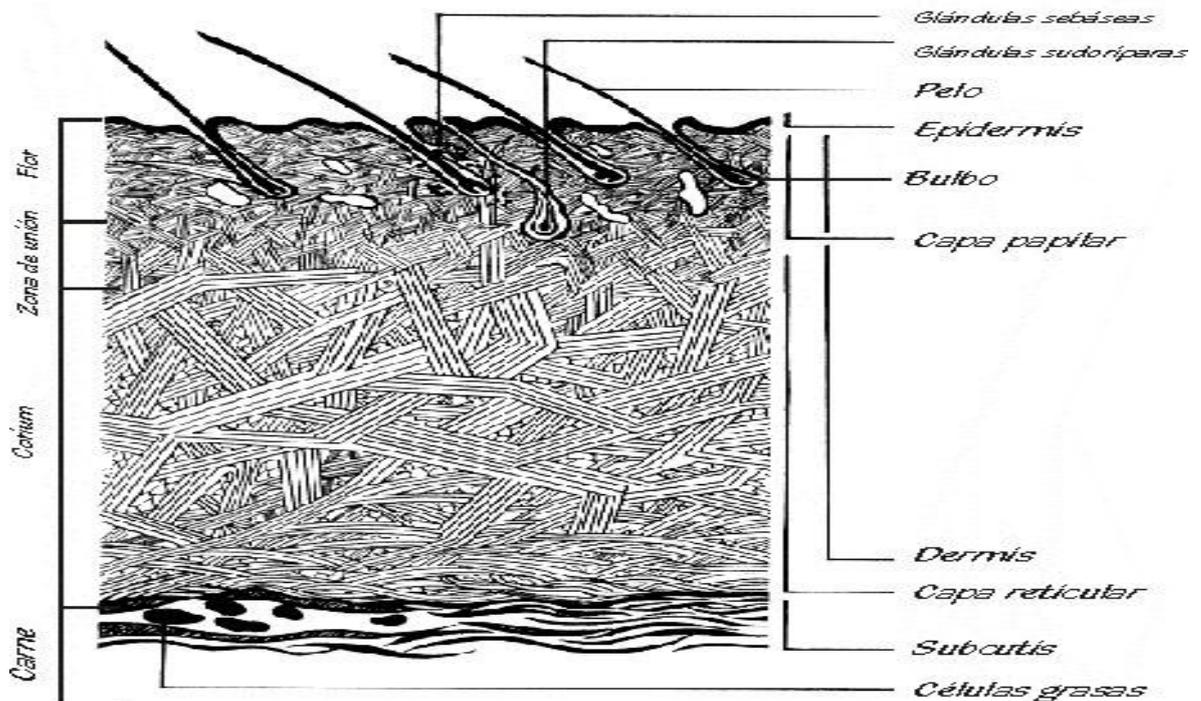


Gráfico 1. Esquema de la piel.

B. PIEL CAPRINA

Las pieles caprinas presentan una estructura fibrosa muy compacta, con fibras meduladas en toda su extensión. Estas pieles, muy finas, son destinadas a la alta confección de vestidos, calzados y guantes de elevada calidad. La piel puede convertirse en una de las mayores fuentes de lucro para el productor de caprinos. (Jacinto, M. 2000).

En la piel caprina se marca en general una disposición de fibras con más densidad que en el caso de la oveja, también como resulta obvio tiene menos células adiposas y en su mayoría los pelos están muy inclinados sobre la superficie exterior de la piel. Al microscopio se observa que la sección del pelo de

cabra es más grueso que la lana, (siempre resulta más fina la lana que el pelo), también es de aspecto similar al vacuno pero el de cabra está más inclinado.

Adzet, J. (2005), el aspecto de las glándulas sebáceas es muy parecido a las de cordero pero menos abundantes. Los haces de fibras de la capa papilar y reticular son mucho más compactas que las de cordero, aunque similares en tamaño y ángulo de tejido. En general toda la piel de cabra es más compacta que la de cordero. La cabra es un animal resistente que puede sobrevivir con sobriedad de alimentos, y son animales de los que se pueden aprovechar su carne y su leche. Se adaptan fácilmente a climas rigurosos y son muy comunes en Asia, África, Sudamérica. Las pieles muchas veces son originarias de aldeas pequeñas que se encuentran en zonas muy diversas por tanto su calidad varía considerablemente, las pieles de cabra se clasifican de acuerdo con la edad en:

- Cabritos. Se refiere a las crías que se mantienen mamando hasta la edad de unos 2 meses.
- Pastones. Son los animales de 2-4 meses de edad que ya comienzan a pastar.
- Cabrioles. Son los machos de 4-6 meses de edad.
- Cegajos. Son las hembras de 4-6 meses de edad.
- Cabras hembras de más de 6 meses de edad.

La piel fresca de cabra, en algunos aspectos se parece a la vacuna, y, en otros a la de la oveja. Sin embargo la piel de cabra tiene una estructura característica debido a que su epidermis es muy delgada. La capa de la flor ocupa más de la mitad del total del espesor de la dermis. Las glándulas y las células grasas que son las responsables de la esponjosidad del cuero de oveja son mucho menos abundantes en las pieles de cabra, (Bülher, B. 2000).

Los cueros de cabras, cabritos y cabrillas, tienen mucha demanda en el mercado pagándose muy buenos precios por ellos. Lo importante, es acondicionarlos en forma adecuada para que no se estropeen y no pierdan su valor, (Brizuela, H. 2013).

C. CURTIDO DEL CUERO

1. Operaciones de ribera para la curtición de pieles caprinas

Brizuela, H. (2013), el proceso de curtición del cuero de cabra, consta de tres etapas definidas, en tres áreas de trabajo sectorizadas: Ribera - Curtido y Acabado y se realizan de la siguiente manera:

a. Ribera

Brizuela, H. (2013), todas las operaciones anteriores al curtido propiamente dicho efectuándose las siguientes operaciones.

- Remojo y lavado para eliminar sal, tierra, sangre, estiércol, etc., que estuvieren adheridos al cuero.
- Embadurnado químico con sulfuro de sodio y cal, aplicado a efectos de obtener el aflojamiento y posterior eliminación de los pelos.
- Descanso, para permitir la penetración de los productos aplicados, con una duración variable que depende de la temperatura ambiente.
- Pelado, que puede hacerse manualmente o con máquina especial.
- Apelambrado en aspas.

Cuando los cueros salen de este proceso llevan restos de pelos en los bordes y/o lomos; por lo que se colocan en piletas con aspas giratorias con soluciones diluidas en sulfuro de sodio y cal, para eliminar totalmente restos de pelos, bulbos y raíces. Estas piletas quedan alternativamente en movimiento durante 48 horas, según lo aconseje el avance del proceso. (Brizuela, H. 2013).

b. Pelambre y calero

Brizuela, H. (2013), la finalidad del pelambre y encalado es destruir o ablandar la epidermis para que se desprenda el pelo, lana o escamas. Destruir las glándulas sudoríparas, nervios, venas y vasos sanguíneos de la piel; ablandar y destruir tejidos interfibrilares que mantienen unidas las fibrillas, hinchar fibras y fibrillas para facilitar la penetración de las materias curtientes, hinchar y esponjar la carne

y tejidos conjuntivos laxos en la cara de la carne para facilitar su posterior eliminación. La cal actúa sobre las proteínas globulares produciendo su hidrólisis, el desdoblamiento gradual y su solubilización en forma de moléculas cada vez más pequeñas. Las sustancias utilizadas en el encalado con cal son:

- Sulfuro y sulfhidrato de sodio.
- Sulfuro de arsénico.
- Cloruro de sodio.
- Hidrosulfito de sodio.
- Sulfato de dimetilamina.
- Enzimas.

c. Descarnado

La operación del descarnado tiene como objeto eliminar adherencias de la piel de tejido adiposo, graso y muscular en las primeras etapas de fabricación para facilitar la penetración de los productos químicos en las fases posteriores, este proceso se puede realizar en la piel en remojo siendo más adecuado realizarlo en la piel en tripa. (Hidalgo, L. 2004).

La piel está constituida por las siguientes capas: epidermis, dermis y endodermis. La primera es eliminada en la depilación y apelmbrado y la tercera está constituida por fibras horizontales atravesadas por vasos sanguíneos. Generalmente quedan en esta parte de la piel, trozos de carne (músculos), o tejido adiposo (grasa). Con la operación de descarnado se eliminan estos componentes, para hacer frente a los procesos posteriores y para evitar el desarrollo de bacterias en el cuero por descomposición. El descarnado se efectúa haciendo pasar la piel por una máquina que contiene un cilindro de transporte y agarre entre un cilindro neumático de garra y otro de cuchillas helicoidales afiladas por el movimiento de estos dos cilindros. (Hidalgo, L. 2004).

La piel circula en sentido contrario al cilindro de cuchillas, el cual está ajustado de forma tal que presiona la piel para cortar sólo el tejido conjuntivo subcutáneo. (Brizuela, H. 2013).

d. Desencalado y purga enzimática

La cal se encuentra con la piel en estado de tripa, en tres formas:

- Combinada con la piel.
- Disuelta en los líquidos que ocupan los espacios interfibrilares.
- Depositada bajo la forma de lodo sobre las fibras o como jabones cálcicos formados por saponificación de las grasas del apelmbrado.

Brizuela, H. (2013), una parte de la cal es eliminada por medio de un lavado y luego, para que continúe el proceso, se lo hace mediante el empleo de ácido (clorhídrico o láctico), o mediante sales amoniacaes, (sulfato de amonio o cloruro de amonio), de sales ácidas (bisulfito de sodio). Los agentes químicos de desencalado deben proporcionar sales cálcicas solubles, fácilmente eliminables con agua y que no tengan efectos de hinchamiento o hidrotrópico (aflojamiento de la estructura fibrosa), sobre el colágeno. El objeto de este proceso es:

- Eliminar la cal adherida o absorbida por la piel en sus partes exteriores.
- Eliminar la cal de los espacios interfibrilares.
- Eliminar en algunos casos la cal combinada con el colágeno.
- Deshinchar la piel dándole morbidez.
- Ajustar en 8 el pH de la piel para la realización del proceso de purga.

Brizuela, H. (2013), como el desencalado no basta para obtener la pastosidad o toque que debe tener el cuero y como preparación para la curtición, las pieles desencaladas, deben experimentar otro proceso que es un ataque enzimático llamado purga.

Mediante la acción de las enzimas proteolíticas, las pieles sufren modificaciones extraordinarias que detallamos:

- Torna la piel flácida, perdiendo su resistencia, pudiéndose observar que al presionar con el pulgar persiste por más tiempo la marca de éste.

- Abre la estructura fibrosa, notándose por la facilidad con que pasa el aire por los poros de la piel.
- La flor se modifica para un toque sedoso, un grano bajo y un folículo menos prominente.
- La piel queda más blanda y mórbida.

Brizuela, H. (2013), si pasamos de un nivel macroscópico a un nivel microscópico y aún molecular, sucede lo siguiente:

- Algunas cadenas de aminoácidos del colágeno son cortadas en uno o más lugares (peptización).
- Degradación de las fibras de elastina por la acción de enzimas elastolíticas.
- Eliminación del repelo, que está compuesto por restos epidérmicos, raíces de pelos, pelo fino, pigmentos, grasas, restos de glándulas sebáceas y sudoríferas.
- Saponificación de jabones cálcicos y grasas no descompuestas durante el encalado, es decir, que se libera el ácido graso de su combinación y se forman jabones de amonio, sodio, que son fácilmente eliminables con agua.

Esto se debe a que las purgas comerciales contienen lipasas que son enzimas que saponifican las grasas.

e. Piquelado

Según Hidalgo, L. (2004), el piquelado es un tratamiento de la piel con sal y ácido para que la piel adquiera el pH deseado, sea para su curtido o para su conservación. Si el pH del baño está un poco alto de 3,8 - 4 tenemos un cuero con tacto suave, pero si se cripa un poco la flor se lo puede mejorar en el recurtido, si el baño tiene un pH de 3,6 la piel tendrá un pH de 3,8 - 4 teniendo curticiones rápidas, cuando el pH del baño está entre 3 - 3,7 vamos a tener un tacto más armado pero el grano de la flor va a ser más fino, teniendo problemas de teñido y engrase. Los productos empleados en el piquelado pueden ser:

- Cloruro de sodio.

- Cloruro y sulfuro de amonio.
- Formiato de sodio.
- Formiato de calcio.
- Ácido sulfúrico.
- Ácido fórmico.

El piquelado consiste en tratar la piel, primero, en un baño de agua con sal para prevenir el hidratamiento de la piel, con el agregado posterior del ácido mineral. Es costumbre también usar el sistema de piquelado buffercado o tamponado, es decir con un agregado previo al ácido de formiato de calcio o sodio y el agregado de ácido fórmico antes del ácido mineral. (Brizuela, H. 2013).

Brizuela, H. (2013), estos sistemas de piquelado o buffercado se basan en que las variaciones de pH del sistema son mínimas, quedando una amplia reserva de ácido en el baño con lo que obtenemos:

- Una rápida difusión de la sal curtiente de cromo hacia el interior de la piel y por lo tanto se evita una curtición superficial.
- Una flor más fina y firme en el cuero final.

La razón por la cual se piqueta es para efectuar un ajuste del pH. En la purga se trabaja con un valor de 8 y para curtir se debe llegar de 2,8 a 3,5, decidiéndolo la práctica del curtidor y las características del producto final a obtener. Se busca al comienzo de la curtición que la reacción cromo-colágena sea lenta, que cuando la piel está precurtida, o sea con su estructura fijada, no se va a encoger ni modificar. Se intensifica la reacción para completarla en un tiempo razonable, mediante la basificación, o sea el agregado de un alcalino (bicarbonato de sodio) o soda solvay. Mediante el piquelado se preparan las pieles para el curtido al cromo, evitando así un curtido inicial intenso que redundaría en perjuicio de la calidad del cuero final, para lo cual la piel debe ser ácida, por lo que usamos un ácido previo con el agregado de cal que evita a la vez el hinchamiento precisamente ácido. (Brizuela, H. 2013).

f. Precurtición y curtido

Brizuela, H. (2013), se prepara el cuero para el curtido fijando la estructura del mismo y ajustando el pH de modo que la curtición se opere suavemente y sin astringencia que produzca crispaciones de la flor o la sobrecarga de la misma con materiales curtientes. Mediante la curtición se transforma la piel en cuero. Un cuero curtido debe cumplir las siguientes condiciones:

- Resistencia hidrotérmica, es decir que según el curtido, debe tener en agua en ebullición, una temperatura mayor que el colágeno crudo.
- El colágeno curtido en condiciones húmedas, debe resistir el ataque de las enzimas.
- Debe tener una estabilidad química tal, que los cueros no sufran deterioro bajo condiciones de uso o almacenamiento.
- Debe retener las propiedades físicas de la estructura fibrosa de la piel natural.
- Se llega así al concepto de curtición por la comprobación de las propiedades del producto resultante, tomándolos como criterios de curtición.

Es decir que la curtición consiste en la estabilización de la proteína de la piel por tratamiento de un agente curtiente, luego de todas las condiciones de penetración y acceso a los lugares de reacción de la piel, derivadas de su tamaño molecular y capacidad difusora en medio acuoso y por reacción química, irreversible, con el colágeno produce reticulación, o sea uniones transversales entre cadenas peptídicas vecinas y da lugar a un aumento de la temperatura de encogimiento del colágeno, una mayor estabilidad de la digestión proteolítica en húmedo y un secado de la misma sin que presente un carácter córneo. Escapa a la finalidad de esta reseña tratar los fenómenos físicos-químicos que se producen durante la curtición, o que son de naturaleza compleja. La técnica generalmente usada, es la de la curtición al cromo en un solo baño. Una vez piqueladas las pieles se puede escurrir la mitad del baño y curtir sobre él o desagotarlo totalmente en baño nuevo, en este caso con agregado de sal. Es práctica generalizada usar sales curtientes de cromo en polvo (secadas en spray), las que se agregan por la puerta del fulón y luego de dos o tres horas y media de rotación, se basifica con bicarbonato de sodio y luego se rota por otras tres horas más, dándose por

finalizada la curtición al alcanzar un pH de 3,7 a 3,9 o de 3,8 a 4 y la resistencia consiguiente al encogimiento en agua en ebullición. (Brizuela, H. 2013).

2. Curtición al cromo

En la actualidad el curtido con cromo, en combinación con otros minerales como taninos, es muy importante en la industria peletera, ya que ha disminuido el tiempo de curtido, el cromo difiere en su efecto sobre el curtido vegetal, en cuanto a la relación de absorción y retención de humedad. (Córdova, R. 2000).

En esta curtición mineral se emplea sales de cromo para producir una piel azulada o verdosa que es más resistente al calor y se usa para pieles de vestido, calzado e industriales. (Córdova, R. 2000).

La acción del cromo, convierte a la piel en cuero, un material estable, impidiendo su degradación. Después de la curtición al cromo, el cuero se escurre, rebaja y divide mecánicamente para obtener el "wet blue", un producto cuyo nombre se debe al color azul del sulfato de cromo. (Peña, S. 2002).

El cromo por su capacidad de formar complejos con los aniones carboxílicos se anionizan y repele los ligandos aquo, que al basificarse se reemplazan por oxhidrilos aumentando el tamaño del complejo. Los puentes de OH son muy estables y resisten la disociación. Esta es la ventaja del cromo frente al Al, Fe, Ti, etc. El efecto curtiente se consigue cuando la basificación del complejo alcanza del 30 al 50%, y cada molécula tiene de 2 a 4 átomos de cromo. La operación de curtido se realiza en tambores rotatorios con $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, y para evitar que la piel se hinche se piqueta con NaCl y ácido sulfúrico o fórmico. El Proceso de curtido se basifica con bicarbonato de sodio. (Vian, A. 2006).

3. El Cromo

El cromo es un metal pesado, la toxicidad sistemática del cromo se debe especialmente a los derivados hexavalentes que, a los trivalentes. El cromo trivalente presente en los residuos de piel curtida puede sufrir modificaciones en

sus propiedades químicas según el ambiente en que se encuentre. De hecho, cuando se encuentra en un medio básico o se combustiona en presencia de cal u otra sustancia alcalina, tiende a transformarse a cromo hexavalente, forma mucho más tóxica de este metal. (Peña, S. 2002).

4. Sales curtientes de cromo

De las diferentes sales de cromo tienen aplicación práctica en la curtición en pieles: alumbre de cromo, dicromatos, y los sulfatos básicos de cromo.

a. Alumbre de cromo

Se obtiene como subproducto de la industria orgánica. Cristaliza de las disoluciones de sulfato de cromo trivalente a las que se ha añadido sulfito potásico, haciéndolo en forma de grandes octaedros de color violeta oscuro y de fórmula $(\text{SO}_4)_3 \text{Cr}_2 \cdot \text{SO}_4 \text{K}_2 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ cuyo peso molecular es 998,9 g; estos cristales no son higroscópicos. El alumbre de cromo técnico contiene alrededor del 15% de óxido de cromo y 17% de sulfato potásico. Una solución saturada a 20°C y preparada en frío, contiene 18,3% de alumbre de cromo por cada 100 cc de agua. El alumbre de cromo es más soluble en caliente que en frío pero para disminuir su hidrólisis se acostumbra a disolver en agua tibia. (Adzet, J. 2005).

b. Dicromatos

La materia prima para su obtención es la cromita $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ óxido doble de hierro y cromo, y, más raramente la crocoita $\text{CrO}_4 \cdot \text{Pb}$. La cromita se muele finamente y se mezcla con cal y carbonato sódico, y se calienta a 1100-1200 °C en hornos de plato giratorio con fuerte entrada de aire. (Adzet, J. 2005).

c. Sulfato básico de cromo

Para su obtención se parte del dicromato sódico que se reduce a cromo trivalente en medio ácido utilizando como reductor productos orgánicos tales como la glucosa, melazas, almidón, glicerina o bien productos inorgánicos tales como el anhídrido sulfuroso, bisulfitos, sulfitos y tiosulfatos. (Adzet, J. 2005).

d. Factores que regulan la curtición al cromo

Además de los factores comunes a todas las operaciones realizadas en bombo, tales como la velocidad y características del bombo, hay otros que son propios de la curtición con sales de cromo; entre estos podemos citar: temperatura, tiempo, pureza de los reactivos y solventes, etc. (Adzet, J. 2005).

e. Características de la piel piquelada

La piel en tripa que ha sufrido el tratamiento de pelambre y calero presenta un punto isoeléctrico de alrededor de 5,2 y por consiguiente una vez piquelada a pH más ácido tendrá mayoría de grupos catiónicos. Al considerar cada fibra determinada en estado húmedo que se encuentra en forma sólida, nos damos cuenta que en conjunto son neutras, ya que al lado de cada grupo positivo en solución existirá un anión de la solución que neutralizará su carga y al lado de cada grupo negativo existirá un catión. Es decir que bajo el punto de vista macroscópico las fibras de cuero pueden considerarse como neutras. Si bien es cierto que a niveles de grupos reactivos según sea el pH y el tipo de grupo tendrán carga positiva, nula o negativa. (Adzet, J. 2005).

La penetración en la piel de las sales de cromo en forma catiónica o aniónica, aunque en realidad sabemos que son neutras, se puede considerar como un fenómeno físico y deberían penetrar a la misma velocidad. Una de las formas de fijación de la sal de cromo sobre la sustancia piel es por coordinación a los grupos carboxílicos de las cadenas transversales del colágeno. (Adzet, J. 2005).

Este contiene un 5,5 % de ácido aspártico y 11,3 % de ácido glutámico cuyos valores pK son 3,76 y 4,2 respectivamente. El valor de pK para los grupos carboxílicos de las cadenas laterales de la lana es 4,3 el colágeno que posee mayor proporción de ácido aspártico debe tener un valor de pK ligeramente inferior al de la lana. Ello lleva consigo que a un pH 4,0 solo la mitad de los grupos carboxílicos del colágeno estarán disociados y por consiguiente con condiciones de poderse coordinar con las sales de cromo. (Adzet, J. 2005).

Para los valores de pH 3,0 – 3,6 que normalmente se emplean en la curtición al cromo, solo una parte de los grupos carboxílicos estarán ionizados y disponibles para la coordinación. (Adzet, J. 2005).

Se puede lograr una mayor fijación de cromo si se emplean sales enmascaradas que sean solubles a valores de pH más elevados. La sal de cromo catiónica es más astringente y presenta una mayor facilidad para coordinarse con los grupos carboxílicos ionizados ya que cargas de distintos signos se atraen. Las sales de cromo aniónicas por tener la misma carga que los grupos carboxílicos se repelaran dificultando su coordinación. Para valores de pH fuertemente ácidos, por ejemplo pH 1, los grupos carboxílicos del colágeno estarán muy poco ionizados y las sales de cromo incluso en cantidad reducida penetran muy bien todo el espesor de la piel. A valores de pH menos ácidos se encontraran más grupos carboxílicos ionizados y las posibilidades de coordinación con las sales de cromo serán mayores. En igualdad de todas las otras condiciones la piel debe atravesarse más fácilmente con una sal de cromo aniónica que con una sal de cromo catiónica. (Adzet, J. 2005).

f. Adición de sales neutras

A los valores de pH del piquel es necesario añadir sales neutras a la piel para evitar que sufra un hinchamiento ácido. En caso de que se produjera se reduciría los espacios interfibrilares lo que dificultaría extraordinariamente la penetración de las sales de cromo. (Adzet, J. 2005).

Por un lado la piel piquelada contiene alrededor de un 6% de cloruro sódico y sal de cromo comercial un 30% de sulfato sódico sobre peso seca de la sal de cromo. Por consiguiente el baño de curtición al cromo contendrá muchas sales y aún más si la curtición se realiza en el propio baño de piquel. El efecto de las sales neutras sobre la fijación de cromo a la piel depende de su naturaleza. (Adzet, J. 2005).

g. Tamaño de los complejos

Adzet, J. (2005) manifiesta que en igualdad de otras condiciones la cantidad de cromo fijado por la piel viene determinada por el tamaño de los complejos de cromo, que aumentarían su astringencia al aumentar el tamaño, esta característica también influiría sobre la penetración de la sal de cromo hacia el interior de la piel. El tamaño de las moléculas de cromo en solución depende de la basicidad, oxalación, enmascaramiento y efecto de las sales nutras. Los sulfatos de cromo tienen mayor tendencia a olificarse que los cloruros de cromo, lo cual puede atribuirse a que en el primer caso se pueden formar anillos de 6 átomos del tipo que se describe en el (gráfico 2)

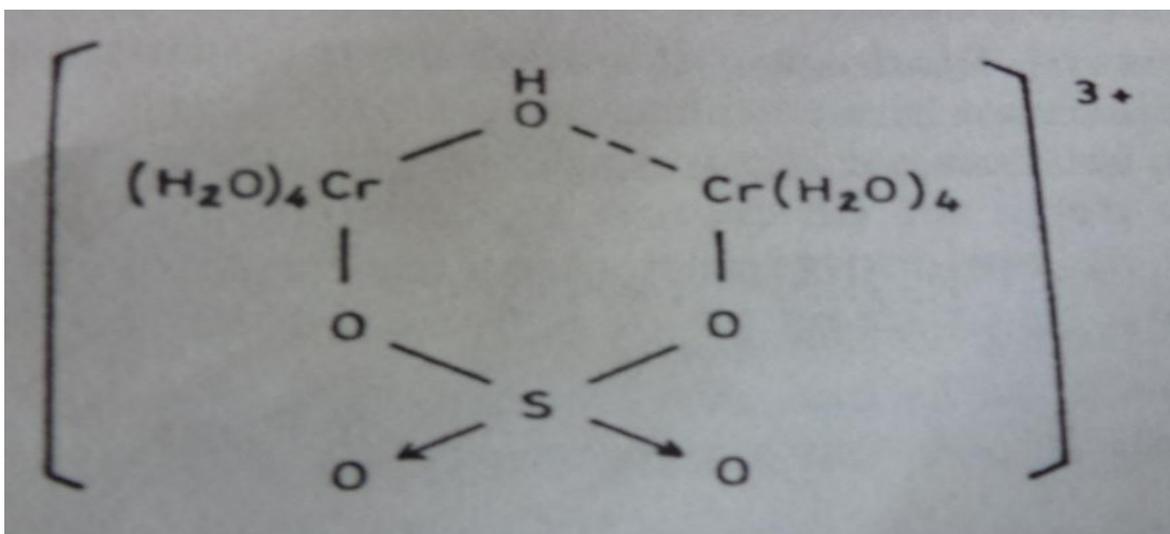


Gráfico 2. Tamaño de los complejos.

Si un licor de cromo de 33% de basicidad se hierva se puede lograr un aumento del tamaño molecular por olificación de compuestos dinucleares (gráfico 3).

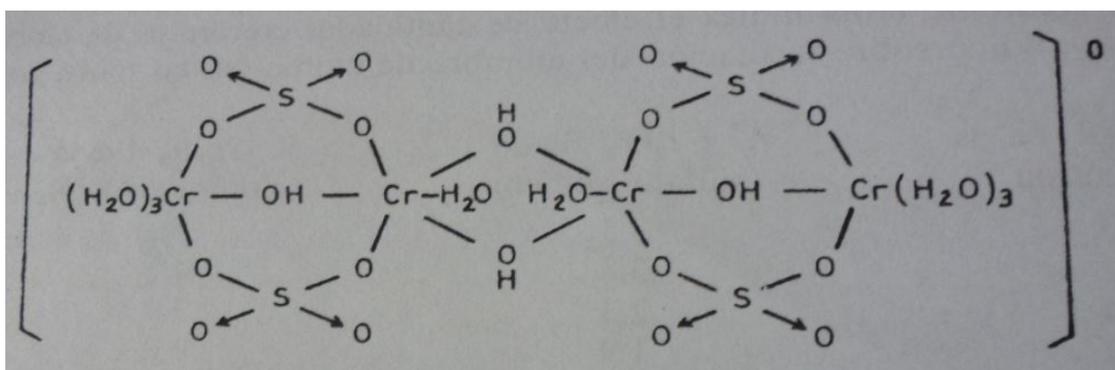


Gráfico 3. Olificación de Compuestos Dinucleares.

Esta forma de aumentar el tamaño de las partículas de cromo es el que provoca la insolubilización del complejo de sulfato de cromo del 66% de basicidad y que no tiene lugar en los complejos formados a partir del nitrito y cloruro libres de sales neutras. (Adzet, J. 2005).

h. Concentración y basicidad

Al curtir polvo de piel en el laboratorio con concentraciones crecientes de sales de cromo básicas se observa un aumento del porcentaje de óxido de cromo fijado en el polvo de piel hasta alcanzar un valor máximo. Un aumento posterior de la concentración en sal de cromo del baño disminuye la cantidad de óxido de cromo que se fija sobre el polvo de la piel. (Adzet, J. 2005).

La cantidad de baño que utilizamos en curtición influye sobre la hidrólisis y reactividad de la sal de cromo. Las soluciones concentradas de licores de cromo contienen mayor cantidad de complejos aniónicos y no iónicos. En principio al aumentar la concentración de la sal de cromo parece que debería haber una mayor fijación, no obstante como desaparecen complejos catiónicos disminuye la reactividad del cromo para con la piel. Desde hace muchos años los principales agentes de basificación de las sales de cromo han sido el bicarbonato y carbonato sódicos, aunque también se han utilizado otros productos alcalinos, tales como el bórax, bisulfito, sulfito, tiosulfato, etc. (Adzet, J. 2005).

i. Temperatura

Como la piel piquelada se contrae a temperaturas superiores a los 40 °C, al principio debe trabajarse a temperatura ambiente y una vez el cuero está atravesado con las sales de cromo puede iniciarse la elevación gradual de la temperatura del baño de curtición. El aumento de temperatura puede lograrse por acción mecánica empleando baños cortos y bombos rápidos, empleando resistencias de calefacción o introduciendo vapor dentro del bombo. El aumento de temperatura favorece la disolución de la sal de cromo, su hidrólisis, que hace disminuir el valor de pH del baño de curtición, aumenta el grado de polimerización

de las moléculas de cromo, es decir su tamaño y astringencia así como la formación de complejos es más rápida y efectiva. (Adzet, J. 2005).

Cuando los complejos de cromo han atravesado la piel el aumento de la temperatura se considera beneficioso ya que por un lado favorece la velocidad de difusión de las moléculas de cromo y por otro lado aumenta la velocidad de reacción entre el cromo y el colágeno lo que permite obtener un mejor agotamiento de los baños residuales. (Adzet, J. 2005).

Al trabajar a temperaturas superiores a las normales se produce un aumento de la hidrólisis que hace innecesario la adición de productos alcalinos para la basificación, lo cual facilita una distribución uniforme de la sal de cromo en todo el espesor de la piel, que además absorbe mayor cantidad de óxido de cromo. En la curtición al cromo en caliente se fijan de preferencia sobre la piel los compuestos de cromo más básicos, quedando en el baño residual los compuestos de cromo de menor basicidad. Al realizar la curtición al cromo en caliente se obtiene un cuero más lleno y más blando que presenta un mejor tacto. Los valores obtenidos en los ensayos físicos del cuero son parecidos a los del cuero curtido a temperatura ambiente, que contenga la misma cantidad de óxido de cromo. (Adzet, J. 2005).

j. Enmascaramiento

El enmascaramiento de las sales de cromo se utiliza para hacerlos más suaves y poder obtener pieles de flor más finas, más llenas y más suaves. En la práctica raramente se utiliza más de un mol del ion enmascarante por mol de óxido de cromo. Algunos extractos vegetales y sintanes pueden tener un pronunciado efecto enmascarante, los agentes quelantes, se utilizan para ablandar el agua, también actúan como agentes enmascarantes. (Adzet, J. 2005).

Enmascarando la curtición al cromo se obtiene un cuero menos catiónico, es decir que tiene menor capacidad de reaccionar con los compuestos aniónicos. Los colorantes ácidos y directos, taninos vegetales y aceites sulfonados penetran mejor el cuero curtido con sales enmascaradas. Utilizando las mismas cantidades

de productos sobre un cuero curtido con sales de cromo enmascaradas se obtienen matices de pinturas más pálidas y más igualadas y cueros acabados más llenos y suaves debido a la mejor distribución del cromo y a la mejor penetración de las grasas. (Adzet, J. 2005).

Si un cuero curtido al cromo húmedo, es decir en estado de wet blue, se trata con una solución fuertemente enmascarante, es posible separar de la piel parte de cromo fijado sobre el cuero, especialmente de las capas externas. Una muestra de ello es el blanqueo del cuero al cromo al tratarlo con ácido oxálico, cuyo anión tiene una gran capacidad de enmascaramiento, tanto que rompe el enlace entre el átomo de cromo y los grupos carboxílicos de la piel. (Adzet, J. 2005).

5. Beneficios de la curtición al cromo

El cuero curtido al cromo húmedo resiste bien temperaturas de 100 °C y una vez seco aguanta la temperatura del vulcanizado que se sitúa alrededor de los 130 grados centígrados. Los cueros curtidos al cromo que contienen porcentajes elevados de óxido de cromo, en estado seco pueden resistir sin daño temperaturas del orden de los 300 °C. Estos tipos de cueros se utilizan en las fundiciones en artículos de protección al trabajo. (Trautmann, A. 2009).

La piel curtida al cromo seca posee en su interior un gran número de espacios vacíos en forma de canales microscópicos localizados entre las fibras curtidas.

Estos poros que presenta la piel permiten que los cuerpos gaseosos tales como el aire y el vapor de agua puedan pasar a través con relativa facilidad, propiedad que se denomina permeabilidad a los gases y vapores. Esta característica del cuero al cromo es común a todos los cueros de curtición mineral. En cuanto a lo que hace referencia a la resistencia física de una piel curtida al cromo. La parte más importante es la de corion ya que la capa flor es poco resistente. En el cuero curtido el cromo se observa que al aumentar el contenido en óxido de cromo disminuye la resistencia física pero si aumentamos su contenido en grasa se incrementa su resistencia a la tracción. (Trautmann, A. 2009).

6. Características de la piel curtida al cromo

Las principales características de la piel curtida con cromo con las siguientes:

- Ligero.
- Alta resistencia a la tensión.
- Buena estabilidad química.
- Versátil.
- Se logran matices brillantes.
- Buena permeabilidad.
- Repelente al agua.
- Método de curtido rápido.
- Capacidad para fijado térmico.

a. Rebajado

La máquina con la que se realiza este trabajo, está conformada de un cilindro con cuchillas en V que se desarrollan en forma de espiral hacia ambos lados del cilindro, los que son afilados por una piedra o esmeril que rota ensamblada sobre un carrito que se mueve en forma paralela a lo largo del cilindro. Se coloca el cuero ingresando al cilindro de tal manera que el mismo quede totalmente extendido, este trabaja junto a otro cilindro con abertura regulable para ajustar el espesor que se necesita. (Brizuela, H. 2013).

b. Recurtido - neutralizado - teñido – engrase

Brizuela, H. (2013), con modernos aparatos de secado y máquinas de acabado se realizan estos trabajos, además se utilizan diferentes resinas de terminación o acabado para resaltar el acabado del cuero y poder competir en un mercado exigente, con el recurtido se logra:

- Firmeza de la flor, al unirla a las capas subyacentes del cuero, evitando que se mueva o presente arrugas evidentes al flexionar el cuero hacia adentro.
- Flor suave sin asperezas ni crispaciones.

- Tacto suave.
- Toque lleno y pastoso.
- Adecuada capacidad de absorción de la terminación, evitando que penetre demasiado a fondo en el cuero.

El neutralizado consiste en tratar el cuero con formiato de calcio y bicarbonato de sodio durante un tiempo determinado, con el objeto de reducir la acidez del cuero, influir sobre la carga del cuero, influencia del anión, y el cambio que se opera sobre el complejo cromo-colágeno, y modificación del puente isoelectrico del colágeno, lo que influye sobre el recurtido, teñido y engrase. El teñido tiene por objeto conferir al cuero una coloración determinada en su superficie y además en todo su espesor o gran parte del mismo, por medio de un colorante. Se pueden clasificar en; solubles en agua, insolubles en agua y éstos, solubles en grasa, en disolventes o en sulfuros alcalinos. (Brizuela, H. 2013).

El más importante es el soluble en agua, los que se clasifican en ácidos, directos, básicos, complejo metálico, de desarrollo y reactivos. Los más usados son los ácidos, directos y complejos metálicos. El teñido se efectúa generalmente en fulón, en forma análoga al engrase, agotando y fijando la anilina con ácido fórmico. Para los teñidos de penetración se usan otras técnicas, como ser, un baño inicial corto a 30/40° C, amoníaco para desplegar los puntos isoelectricos y auxiliares para igualación. Para la fijación del teñido se utiliza ácido fórmico hasta lograr un pH 4, lográndose con esta operación la estabilización del color. (Brizuela, H. 2013).

El trabajo de Engrase, consiste en la lubricación de las fibras del cuero con licores de engrase, en el cual un aceite insoluble en el agua, se transforma en emulsionable, sea por modificación química de la molécula, o por incorporación de un agente emulsionable. La estabilidad del licor de engrase debe ajustarse al tipo de cuero y a las condiciones en que va a efectuarse el engrase, y su estabilidad debe ser tal, que la emulsión pueda penetrar en el cuero en un período de tiempo técnicamente aceptable. (Brizuela, H. 2013).

El objeto del engrase es dar flexibilidad al cuero, resistencia a la flor, mejorar sus propiedades mecánicas y favorecer la absorción de la terminación. Esta operación se realiza en fulón en baño de agua a una temperatura de 60° C, luego se agrega la emulsión grasa y al final el ácido fórmico para agotar el baño y también para modificar el pH a 4,5/4,7 para luego dar un engrase de top a base de aceite catiónico, aceite de pata y aceite para dar brillo (gamuza aterciopelada). (Brizuela, H. 2013).

c. Secado y humectado

Se realiza en una máquina continua con sistema toggling con chapas perforadas, esta máquina posee un sistema automatizado de temperatura y humedad. La humectación se realiza en toneles especiales hasta conseguir que el cuero tenga un 35% de humedad. (Brizuela, H. 2013).

d. Aserrinado

Para realizar el aserrinado se procede a humedecer a una pequeña cantidad de aserrín con el objeto de que el cuero absorba humedad superficial para una mejor extensibilidad del mismo, esto favorece el ablandado y estacado de las pieles. (Hidalgo, L. 2004).

e. Estacado

Para estacar la pieles se procede a ponerlas claveteándolas con la carnaza hacia adentro sobre un tablón. Se utilizan clavos realmente pequeños, este proceso se lo hace siempre en forma simétrica y sin extralimitarse en la tensión, hasta que el centro del cuero tenga una base de tambor, dejamos 24 horas y luego desclavamos. (Hidalgo, L. 2004).

f. Acabados

Las operaciones de acabado son aquellas en donde se obtiene las características finales del artículo que estamos produciendo, el cuero se somete a una serie de tratamientos para proporcionar mejoras y obtener determinadas propiedades que

pueden ser, dar a la piel diferentes colores, brillos, tactos, texturas, efectos, degradaciones, según como en el mercado se impongan nuevas modas y tendencias. El conjunto de las operaciones de acabado es la parte más complicada de toda la fabricación. El acabado interviene de forma notable sobre el aspecto, tacto y solidez de la piel. (Hidalgo, L. 2004).

La finalidad predominante del acabado es:

- Aportar al cuero protección contra daños mecánicos, humedad y suciedad.
- Conceder mayor durabilidad.
- Igualación de las manchas o daños de la flor.
- Uniformización entre los distintos cueros de una partida y entre diferentes partidas. "Igualación de tinturas desiguales".
- Creación de una capa de flor artificial para cerrajes o cueros esmerilados. El acabado reconstruye artificialmente la superficie flor esmerilada.
- Regulación de las propiedades de la superficie como por ejemplo color, brillo, tacto, solidez a la luz, etc.

D. CONTROL DE CALIDAD DE LA PIEL Y EL CUERO

El control de calidad se puede hacer sobre el cuero/ piel curtida, o sobre la piel ante y post mórten, estableciéndose criterios de clasificación que le dan su valor de mercado, la calidad de la piel está íntimamente relacionada con los procesos que anteceden a la curtición propiamente dicha, como la alimentación y cuidados de los animales en granja, el sacrificio, el manejo de las pieles, el transporte de las mismas hasta la curtiembre, los sistemas de conservación (salado, secado, salmuerado, congelación, etc), y los procesos de curtición.

1. Normalización

El Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC de México, indica que la normalización es el conjunto de medidas técnicas adoptadas por fabricantes y consumidores cuyo objetivo es unificar, simplificar, estandarizar y controlar el uso de determinados productos y procedimientos para

facilitar la fabricación. El control de la calidad en la fabricación de curtidos necesita disponer de métodos de análisis y ensayos adecuados para examinar las materias primas, insumos químicos, contrastar los procesos de producción, vigilar las emisiones y sus tratamientos; y en conclusión, para controlar la calidad del producto final. El ensayo del cuero terminado sirve para comprobar que este posee la calidad que el consumidor demanda. La creación de normas de calidad en la cadena productiva del cuero, calzado e industrias ligadas, tienen como objetivo servir de soporte técnico a la industria nacional del sector, para la obtener productos que cumplan con los requerimientos de calidad del mercado nacional e internacional. (Bacardit, A. 2004).

Los procedimientos de ensayo de las normas detallan, lo más exacto y minuciosamente posible, cómo, por qué medios y en qué condiciones debe medirse un parámetro sobre una muestra. Siguiendo estrictamente el método descrito se obtendrán mediciones objetivas y reproducibles. No obstante, estas normas no indican cual es el resultado que debería alcanzarse para que el material ensayado fuera considerado adecuado para su uso previsto. Las 12 especificaciones de calidad son normas que muestran los parámetros que deben evaluarse, los procedimientos de ensayo que deben aplicarse y los resultados que deberían obtenerse para comprobar que el material ensayado sea adecuado para el propósito para el que se ha fabricado. (Bacardit, A. 2004).

Los objetivos por los cuales se utiliza las normas de calidad en los curtidos es:

- Satisfacer los requerimientos y necesidades del mercado.
- Adecuar los productos a su uso.
- Cumplir los requisitos de calidad en los cueros de acuerdo a las pruebas físicas y sensoriales.
- Superar sus estándares.
- Superar sus expectativas.
- Mejorar los productos y servicios.
- Desarrollar nuevos productos.
- Crear y darle “valor” a cada producto.

a. Normas Internacionales del IULTCS

En 1947 se fundó la Unión Internacional de Asociaciones de Químicos y Técnicos de la Industria del Cuero -IULTCS-. Actualmente, más de 40 asociaciones de otros tantos países forman parte de la IULTCS, entre ellas la Asociación Química Española de la Industria del Cuero (AQEIC). La IULTCS dispone de tres Comisiones de Ensayos para el desarrollo de métodos normalizados. (Portavella, M. 2005).

- IUP: Procedimientos para ensayos físicos.
- IUC: Métodos para análisis químicos.
- IUF: Métodos de ensayos de solidez.

Las principales normas utilizadas en ensayos físicos son:

- DIN norma alemana.
- BS norma británica.
- ANSI norma americana.
- JIS norma japonesa.
- NOM norma oficial mexicana.
- NMX norma referencial mexicana.
- INEN instituto de normalización.
- NTE norma para zapato de seguridad ecuatoriana.

A más de la normalización, para que este control de calidad se pueda medir numéricamente se deben emplear una serie de ensayos o métodos de análisis que nos van a servir para tener el nivel de calidad del cuero que se desea. Usualmente toda la Industria del Cuero vende sus productos en tres estados diferentes: wet-blue, cuero semi-acabado, y cuero acabado. Para cada uno de estos artículos existen pruebas para valorar la calidad de los mismos estos análisis son:

- Test subjetivos.

- Test físico-mecánicos.
- Análisis químicos.

2. Test subjetivos

Los llamados test subjetivos o pruebas sensoriales se realizan utilizando nuestros sentidos, a través del toque o visualización del cuero, obteniendo resultados rápidos e importantes en la evaluación de la calidad. Esta prueba es de carácter cualitativo, no existen aparatos que puedan sustituir el tacto humano para es por eso que para estas pruebas se necesita personas con experiencia en el trabajo con el cuero. Entre algunos de estos test subjetivos se encuentran: Toque, Flor suelta, lisura, cobertura, resistencia al frote, adherencia, quiebre del acabado, brillo, gota de agua, solidez a la luz, uniformidad. (Adzet, J. 2005).

a. Métodos para el análisis sensorial del cuero

Hidalgo, L. (2004), para realizar el análisis de las características sensoriales del cuero caprino se procede de la siguiente manera:

- Las evaluaciones del análisis sensorial del cuero caprino, deben ser realizadas, en lo posible, por un solo analista.
- Los resultados del análisis sensorial deben ser escritos en un lenguaje rigurosamente técnico, y basados en la escala que se propone para realizarlos.
- Los parámetros referidos en los resultados, deben ser los mismos para todas las muestras de cueros y de acuerdo a esto la calificación de 5 correspondiente a excelente; 3 a 4 muy buena; y 1 a 2 buena y menos de 1 baja.

Los resultados de los análisis organolépticos, complementan a los análisis de laboratorio, se debe lograr habilidad y practica en la realización e interpretación de análisis organolépticos. Se deben evaluar los siguientes parámetros:

- Toque.- tocar el cuero, evaluando su comportamiento al tacto evaluar si al tocar el cuero da la sensación de liso, deslizante, cálido, etc.
- Flor suelta.- consiste en doblar el cuero con la flor hacia adentro, pasar el dedo y con una ligera presión y detectar la presencia de arrugas.
- Cobertura.- comprobar que sea uniforme y no presente manchas en la superficie.
- Resistencia al frote.- se toma un paño, preferentemente de un color opuesto al cuero (blanco), y se frota varias veces (seco o húmedo), para detectar si el color del cuero se desprende.
- Adherencia.- se coloca sobre el cuero un pedazo de cinta adhesiva y se despega con fuerza (de un sólo golpe), para comprobar la adherencia del acabado.
- Gota de agua.- aplicar tres gotas de agua y verificar si permanecen marcas luego de su evaporación.
- Uniformidad.- verificar si existen manchas originadas por colorantes o grasas
- Llenura.- verificar con el tacto la uniformidad de cuero, determinando si hay riqueza de fibras de colágeno.
- Blandura.- se evalúa la suavidad y caída del cuero, que debe tener los cueros principalmente destinados a la confección de artículos para vestimenta.

E. TEST FÍSICO-MECÁNICOS

1. Pruebas de resistencia

a. Tensión y elongación

Consiste en el estiramiento hasta el punto de rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero, registrando tanto el valor máximo de carga (kg/cm²), y la deformación sufrida respecto a la medida inicial (%) y es causado por:

- Ataque bacteriano.
- Conservación inadecuada.
- Mal curtido (cueros con zonas crudas).
- Quemaduras por químicos (álcalis y ácidos), y por exceso en el rodamiento.

- Mala selección en el corte de piezas.
- Exceso de estiramiento en máquinas de montar.

El Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC de México, indica que este método puede ser usado para cualquier cuero ligero, pero en particular para ser utilizado con cueros para corte de botas y zapatos. Para otro cuero que no sea flor entera, la flor será considerada como la superficie, acabada de tal manera que simule la flor, o que pretenda ser usada en lugar de la flor de un cuero ordinario.

Esta prueba se la realiza con un equipo llamado lastómetro, este debe tener una abrazadera para sujetar fijamente el borde del disco plano circular de la probeta del cuero, que deje libre la porción central del disco, la abrazadera deberá mantener fija el área sujeta del disco estacionario cuando esté siendo aplicado a su centro una carga mayor de 80 kgf. El límite entre el área sujeta y libre será claramente definido. (Lultcs, W. 1993).

b. Desgarre

Consiste en la separación de cadenas fibrosas del cuero, registrando el valor de carga (kgf), requerido para tal acción y es causado por:

- Ataque bacteriano.
- Conservación inadecuada.
- Mal curtido (cueros con zonas crudas).
- Quemaduras por químicos (álcalis y ácidos), y por exceso en el rodamiento.
- Exceso de presión en máquina de montar.
- Estiramiento excesivo por mal diseño de moldes.
- Rebajado muy ancho.

c. Ruptura de flor

Consiste en la aplicación de fuerza en un punto central del cuero que incremente el esfuerzo en la zona de la flor hasta producir el estallamiento de esta y generalmente es causada por:

- Ataque bacteriano.
- Mala conservación del cuero.
- Quemaduras por químicos (álcalis y ácidos), y por exceso en el rodamiento.
- Exceso de presión en máquina de montar.
- Estiramiento excesivo por mal diseño de moldes.
- Rebajado muy ancho.
- Mala selección de agujas.

Otras posibles causas de baja resistencia a la ruptura de flor, atribuibles al curtidor son:

- Bajo contenido de humedad en el cuero.
- Exceso de recurtientes en la flor.
- pH bajo (acidez alta).
- Engrase del cuero inadecuado.
- Mala conservación del cuero.

2. Resistencia a la costura

Consiste en la aplicación de fuerza sobre un cuero buscando que las perforaciones generadas por la aguja al coserlo, produzcan un efecto cortante sobre este, registrando la fuerza ejercida (kg/cm), que generalmente es causada por:

- Ataque bacteriano.
- Mala conservación del cuero.
- Quemaduras por químicos (álcalis y ácidos), y por exceso en el rodamiento.
- Exceso de presión en máquina de montar.

- Estiramiento excesivo por mal diseño de moldes.
- Rebajado muy ancho.
- Mala selección de agujas.

Otras posibles causas de baja resistencia a la tensión, elongación y resistencia a la costura atribuibles al curtidor son:

- Mal curtido (cueros con zonas crudas).
- Exceso de rodamiento.
- Exceso de estiramiento en el secado.
- Encalado fuerte.
- pH bajo (acidez alta).
- Engrase del cuero inadecuado.
- Bajo contenido de humedad en el cuero.

a. Encogimiento

El Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC de México, indica que en la determinación del grado de contracción de un cuero por el efecto del contacto con agua a altas temperaturas. Con lo anterior es posible evaluar el grado de fijación de las sales de cromo en el cuero. El encogimiento se puede apreciar en piezas cortadas con cierto período de tiempo, o en el producto terminado formando arrugas en piezas empalmadas, las posibles causas del encogimiento son:

Sales de cromo mal fijadas.

- Pérdida de humedad de los cueros.
- Sistema de secado de los cueros utilizado en la Curtición.

3. Pruebas de acabado

Las pruebas de evaluación sobre las pieles curtidas y acabadas consisten en reproducir en laboratorio, y de forma controlada, las mismas condiciones de supervivencia que el producto va a tener durante su uso al cual sea destinado,

evaluando y cuantificando la respuesta del producto ante las condiciones a las que vaya a ser probadas. (Perinat, M. 2000).

En las pruebas de acabado podemos mencionar las distintas pruebas que a nuestro criterio las consideramos básicas para evaluar la calidad de un acabado y estas son:

- Resistencia a la flexión en seco y húmedo.
- Resistencia a la fricción en seco, húmedo fieltro, húmedo cuero y solvente (Acetona).
- Adherencia del acabado.

a. Resistencia a la flexión

Esta prueba frecuentemente se realiza al cuero para comprobar que al flexionarlo repetidamente no se romperá ni se pelará en las arrugas originadas por el uso en calzado, carteras o confección. Se determina según la Norma IUP 20 (IUP; 2012), con el flexómetro Bally, en el que la muestra de cuero se fija en un extremo y en el otro se somete a un movimiento de vaivén que produce una arruga horizontal en la superficie del cuero, el cual permanece en continuo movimiento, se evalúa si el acabado se ha deteriorado. Los parámetros de calidad aceptables se encuentran entre 40000 y 50000 flexiones en seco y 20000 flexiones en húmedo, siendo esta última más significativa según la norma, IUP. (Ortiz, N. 2013).

Este ensayo debe evaluarse conjuntamente con el de adhesión del acabado. Un acabado delgado con adhesión adecuada debería mostrar una resistencia a la flexión satisfactoria. Como valoración rutinaria las pieles deben aguantar 50.000 flexiones en seco o 10.000 en mojado. El tipo de problema producido por las flexiones que se aplican al cuero es más importante que su número. La fractura en escamas o cuarteado es menos admisible que la misma fisura. Los daños en el acabado puede ser de envejecimiento, agrietado, descamación o pulverización, pérdida de adherencia del acabado o pérdida de adherencia de una capa de acabado a otro; deterioro e incluso rotura de flor, daño de las fibras hasta tal

punto que se forme un agujero a través de todo el espesor de la piel. (Perinat, M. 2000).

Todas las pieles que en su uso práctico se flexionan repetidamente están expuestas a un deterioro de su acabado. El ejemplo más característico es el empeine del calzado en su zona de flexión. El defecto más común es el resquebrajamiento del acabado con formación de fisuras o grietas que pueden o no ser apreciables, no obstante también se puede observar un cambio de color debido a la pérdida de la adhesión entre capas de acabado o entre acabado y cuero. En ocasiones se produce la pulverización del acabado. También se pueden presentar daños en el propio cuero, como la formación de gruesos pliegues o incluso la rotura de la capa de flor. (Perinat, M. 2000).

El comportamiento a la flexión de un acabado depende de su flexibilidad, de su espesor, y de la adherencia con el cuero y entre las diferentes capas. El ensayo más utilizado es el IUP 20, "Medición de la resistencia a la flexión continuada de cueros ligeros y su acabado de superficie" considerado especialmente para empeine pero que hoy por hoy se usa para todo tipo de curtidos. En este ensayo la probeta se pliega y se sujeta entre dos pinzas. La pinza inferior es fija y la superior se mueve hacia adelante y hacia atrás en un ángulo de 22'5 grados, del mismo orden que el ángulo medio de flexión del pie en la marcha. Un contador va anotando el número de flexiones realizadas. Se puede programar el equipo para que se detenga cada cierto número de flexiones para realizar el examen visual con lupa de 6 aumentos del estado de la probeta. (Tzicas, E. 2004).

Las diferentes normas y recomendaciones de calidad establecen el número de flexiones que deben superarse sin aparición de defectos significativos. Para pieles predestinadas a climas fríos es indispensable la realización del ensayo de flexometría a bajas temperaturas. Hay acabados que resisten 100.000 flexiones a 20 °C pero que a -10 °C se agrietan antes de las 10.000 flexiones. En estos casos se recomienda utilizar acabados con resinas cuya temperatura de transición (tg), sea lo más baja posible. (Monsalve, Y. 2009).

Las probetas que se utilizan para este ensayo son rectángulos de 70 x 40ml, estas probetas son sujetadas en la máquina para su evolución. Después de 100, 1000 y 10000 ciclos apagar el motor y examinar el cuero, anotar cualquier daño observado, su naturaleza, y el número de ciclos al cual fue observado. En el examen del acabado de un cuero para la evaluación del daño, es esencial una buena iluminación de la superficie.

b. Daños que se presentan en el cuero al medir la resistencia a la flexión

El daño del acabado del cuero puede ser de las siguientes clases:

- El cambio del tono del film del acabado (ponerse gris), sin otro daño.
- Resquebrajamiento del acabado con estrías superficiales más grandes o más pequeños.
- Pérdida de la adhesión entre el acabado y el cuero con cambios ligeros o considerables de color en área doblada. Pérdida de la adhesión de una capa del acabado u otra, con cambios ligeros o considerables de color en un área doblada.
- Pulverización o desprendimiento en escamas del acabado, con cambios ligeros o considerables de color.
- Desarrollo de pliegues gruesos en la flor (llamada flor suelta).
- Pérdida del gravado de la flor.
- Ruptura de la capa flor.
- Pulverización de las fibras (generalmente en el lado carne o corium que en la capa flor), si ha ocurrido mucha pulverización, el cuero puede desarrollar un tacto vacío aún si hay pocos signos de polvo en las superficies.
- Continuación de rompimiento de fibras hasta tal punto que un agujero se desarrolla a través del espesor completo del cuero.
- Agrietamientos.
- Migración de eflorescencias salinas (sales).
- Eliminación del grabado de tenería.

Lultcs, W. (1993), reporta que el equipo que se utiliza para esta prueba debe tener las siguientes características:

- Una plataforma de metal, horizontal completamente plana.
- Un soporte para sujetar el cuero, que deje expuesto 80 ml.
- Un dispositivo que permita al cuero ser extendido linealmente por los menos.
- 10% en la dirección de fricción.
- Un dedo de 500 gr. de peso.
- Una base.
- Una abrazadera para fijar los pedazos de fieltro de lana.
- Un peso adicional de 500 gr.
- Un dispositivo para guiar el dedo cuando la carga completa (peso total 1Kg), presione la probeta tensionada o como sea conveniente.
- Un dispositivo para manejar el carro con movimientos de vaivén con una distancia de recorrido de 50 mm y una frecuencia de 40 ± 2 movimientos por minuto.

Esta norma nacional especifica un método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión en seco o en húmedo del cuero y de los acabados aplicados al mismo. Este método es aplicable a todo tipo de cueros con un espesor menor de 3,0 mm (cuadro 1).

Cuadro 1. PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA MÁQUINA DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

MODELO	GT-KC10
Cantidad de grapas	5
Movimiento	Grapa superior: movimiento con un ángulo de flexión de $22,5^\circ$ Grapa inferior: fija
Velocidad de doblado	100 \pm 5 ciclos por segundo
Contador	LCD: 0-999,999 times (regulable)
Tamaño (longitud x ancho x altura)	780x450x360mm
Peso	60 kg

Fuente: <http://testsolution4u.com/4-2-5-bally-leather-flexing-tester/184189> (2015).

4. Resistencia a la fricción

Consiste en someter a frote repetido a los cueros en condiciones secas y húmedas hasta un determinado número de fricciones o hasta que se origine algún tipo de daño aparente en la superficie de sus acabados y generalmente es causado por:

- Ataque bacteriano.
- Adhesión o impregnación inadecuada del acabado.
- Mala selección del tipo de acabado.
- Exceso de productos engrasantes.
- Uso inadecuado de acondicionadores.
- Inadecuado manejo del producto.
- Exceso de temperatura en horno.

5. Adherencia del acabado

El Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC de México, muestra que esta prueba consiste en el desprendimiento de la película del acabado del cuero registrando el valor de fuerza requerida (g/cm), para realizar dicha separación y cuyas principales causas se deben a lo siguiente:

- Mala conservación del cuero.
- Ataque bacteriano.
- Adhesión o impregnación inadecuada del acabado.
- Mala selección del tipo de acabado.
- Exceso de productos engrasantes.
- Uso inadecuado de acondicionadores.
- Inadecuado manejo del producto.
- Exceso de temperatura en hornos.

6. Desteñimiento

Consiste en la migración del color del cuero, evaluado con papel absorbente color blanco empleando como medio de migración sustancias salinas y agua, cuyas principales causas de aparición son:

- Teñido inadecuado (tiempo de rodado, cantidad de colorante y medios de fijación).
- Deficiente grado de curtido.
- Encalado excesivo.
- Almacenamiento en condiciones muy húmedas.

7. Pruebas de confort

a. **Absorción y des absorción estática de agua**

El Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC de México, dice que esta prueba consiste en la retención y expulsión de cierta cantidad de agua de los cueros durante los periodos de uso en la jornada laboral y el reposo después de esta, y es afectado principalmente por:

- Curtido inadecuado.
- Engrase excesivo.
- Tipo de acabado (poliméricos y parafinados).
- Aplicación de lacas y resinas en adorno.
- Saturación por aplicación de soluciones salinas.

b. **Absorción dinámica de agua**

Consiste en evaluar la cantidad de agua absorbida por los cueros en movimiento, principalmente empleados como medios de aislamiento hidráulico, teniendo principales problemas de calidad causados por:

- Curtido inadecuado.

- Engrase inadecuado.
- Deficiente aplicación del acabado.
- Inadecuado manejo del producto.
- Empleo de acondicionadores.

c. Permeabilidad al vapor de agua

Radica en la capacidad que tienen los cueros de permitir el paso de vapor de agua a través de sus fibras sin retenerlo, lo cual es afectado principalmente por:

- Deficiente desengalado.
- Curtido inadecuado.
- Engrase excesivo.
- Tipo de acabado (poliméricos y parafinicos).
- Aplicación de lacas y resinas en adorno.
- Saturación por aplicación de soluciones salinas.
- Empleo de acondicionadores.
- Uso excesivo de adhesivos en empalmes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

Se llevó a cabo la curtición de las pieles, desarrollo e instalación del prototipo mecánico, así como los análisis físicos para la comprobación el funcionamiento del flexómetro, en las instalaciones del laboratorio de curtición de pieles de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, a una altitud de 2754 m.s.n.m. con una longitud oeste de $78^{\circ} 28' 00''$ y una latitud sur de $01^{\circ} 38'$. El tiempo de duración de la investigación fue de 131 días. Las condiciones meteorológicas del cantón Riobamba se describen en el (cuadro 2).

Cuadro 2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA.

Características	Promedio
Temperatura (° C)	13,8
Humedad relativa (%)	63,2
Precipitación anual (mm/año)	465
Heliofania , horas luz	165,15

Fuente: Estación Agrometeorológica de la F.R.N. de la ESPOCH. (2012).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

En la presente investigación se utilizó 5 pieles caprinas curtidas con cromo a las cuales se realizaron pruebas piloto de flexión para evaluar el funcionamiento del prototipo mecánico.

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

Los materiales, equipos e instalaciones a utilizar en la realización de la investigación son:

1. Materiales y equipos para la construcción del prototipo mecánico (Flexómetro)

a. Materiales

- Eje.
- Bocinas.
- Placas de sujeción móviles.
- Placas de sujeción fijas.
- Chumaceras.

- Tol inoxidable.
- Pulsador.
- Contactor KM1 con bobina de 110 w.
- Aprietes.
- Alambres flexibles # 16.
- Pernos de ½.
- Tornillos 3/16*1.
- Microswitch.
- Fusible 9 A.
- Cable principal doble concéntrico #16.
- Contador de revoluciones digital.

b. Equipos

- Torno.
- Soldadora.
- Motor reductor.
- Plegadora.
- Pulidora.

2. Materiales, equipos, y productos químicos para la curtición de pieles

a. Materiales

- 5 pieles caprinas.
- Mandiles.
- Percheros.
- Baldes de distintas dimensiones.
- Mascarillas.
- Botas de caucho.
- Guantes de hule.
- Tinajas.
- Tijeras.
- Mesa.

- Cuchillos de diferentes dimensiones.
- Balanza analítica.
- Termómetro.
- Cronómetro.
- Cilindro de gas.
- Cocineta.
- Aserrín.

b. Equipos

- Bombos de remojo, curtido, recurtido y teñido.
- Máquina para el dividido.
- Máquina raspadora.
- Saranda.
- Toggling.
- Flexómetro.
- Probetas.

c. Productos químicos

- Tensoactivo.
- Cloro.
- Cloruro de sodio.
- Hidróxido de calcio.
- Sulfuro de sodio.
- Yeso.
- Bisulfito de sodio.
- Formiato de sodio.
- Producto ridente.
- Ácido fórmico.
- Diesel.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación no dispuso de tratamientos experimentales, sino respondió al estudio de un diseño de procesos para la construcción, e instalación de un prototipo mecánico para la evaluación la resistencia a la flexión del cuero; en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. Una vez instalado el equipo se procedió a realizar pruebas piloto a las 5 pieles caprinas curtidas con cromo, realizando una estadística descriptiva con los resultados obtenidos.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Sensoriales

- Blandura, (puntos).
- Llenura, (puntos).

2. Físicas

- Flexometría, (ciclos).

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

- Media.
- Moda.
- Mediana.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La implementación del prototipo mecánico para evaluar la flexión del cuero se realizó de la siguiente manera:

- Se determinó el área donde será colocado el flexómetro y las instalaciones eléctricas que se necesitaron en laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- Se seleccionó los materiales para la construcción del equipo para medir la resistencia a la flexión del cuero.
- Se realizó la medición y corte del eje posteriormente se perforaron las bocinas y los prisioneros.
- Se elaboró las placas móviles y fijas en acero inoxidable, perforando las placas móviles totalmente y las placas fijas con perforación y enroscamiento, como se indica en la (fotografía 1).



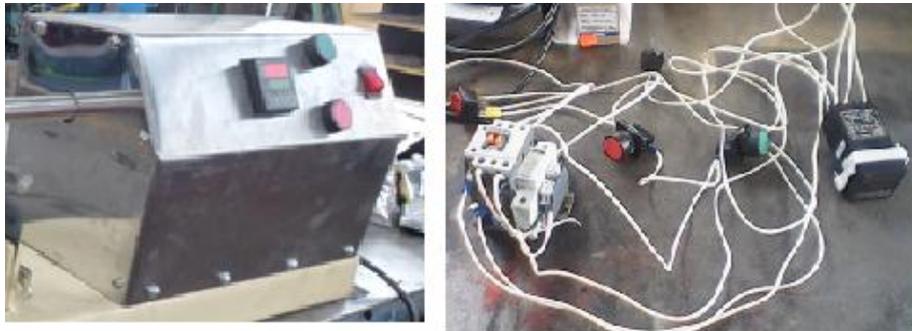
Fotografía 1. Placas móviles y fijas de acero inoxidable.

- Se construyó la base del prototipo mecánico en acero inoxidable realizando dobleces a un ángulo de 90° utilizando una plegadora y se soldó las placas fijas en la base.
- Para sostener las chumaceras y el eje se elaborará cuatro tubos metálicos cuadrados (fotografía 2).



Fotografía 2. Chumaceras y placas.

- Se colocó un bocín y se instaló el motor reductor con una rodela excéntrica conectada a las placas móviles.
- Se soldó el motor reductor a la base mediante un ángulo.
- Para la caja principal del sistema eléctrico se elaboró una carcasa en acero inoxidable la misma que está soldada a la base con placas de sujeción.
- El contador, el encendido general, y los dos pulsadores de inicio y apagado están conectados directamente al motor reductor, como se indica en la (fotografía 3).



Fotografía 3. Caja principal del sistema eléctrico.

- Se ensambló cada una de las piezas y se revisó las instalaciones eléctricas. como se indica en la (fotografía 4).



Fotografía 4. Máquina ensamblada.

- Se instaló el prototipo mecánico en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH y se verificó su funcionamiento.

- Se procedió a curtir pieles caprinas con cromo para realizar las pruebas piloto al prototipo mecánico flexómetro.
- Para realizar las pruebas piloto se procedió a preparar las probetas, cortando rectángulos de 70X40mm, de acuerdo a lo indicado en la norma IUP 6, una vez realizada la prueba, se evaluó las probetas para ver si presentan daños o no, para lo cual fue indispensable utilizar una lupa de 6 aumentos.
- Paralelamente se realizaron pruebas pilotos en el laboratorio acreditado ANCE para comprobar los resultados, y así determinar la precisión y exactitud del funcionamiento del prototipo mecánico.
- Finalmente se realizó los análisis estadísticos pertinentes para esta evaluación.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Análisis sensorial

Este análisis permitió determinar las características que presentaron los cueros, estas características que se valoraron con la siguiente calificación 5 correspondiente a excelente; 3 a 4 muy buena; y 1 a 2 buena y menos de 1 baja; en lo que se refiere a blandura, y llenura. Los resultados del análisis sensorial se escribieron en un lenguaje rigurosamente técnico, y basados en la escala que se propone para realizarlos.

Para evaluar la blandura y llenura, se realizaron repetidos toques a todas las zonas del cuero para determinar los espacios interfibrilares los cuales debieron tener características de acuerdo al artículo confeccionado.

2. Análisis Físico (determinación de la resistencia la flexión del cuero)

Este análisis se lo ejecutó en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, el ensayo se lo realizó con los parámetros de las Normas INEN, e IUP de la Asociación Española en la Industria del Cuero, para lo cual se aplicó la siguiente metodología.

a. Preparación de la muestra

La probeta fue la pieza sometida a diversos ensayos mecánicos para estudiar la resistencia de un material; las probetas son rectángulos de cuero los cuales fueron cortados con dimensiones de 70 por 40 mm, para lo cual se tomó en dirección paralela a la espina dorsal y la otra en dirección perpendicular, en base a lo establecido en la norma IUP 6.

b. Manipulación de la probeta

Resultó importante efectuar el análisis por duplicado, para lo cual se empleó probetas diferentes. El primer paso fue poner la pinza superior del flexómetro en posición horizontal utilizando para ello la manivela situada a la izquierda de la caja principal. La probeta de cuero a probar fue doblada y sujeta a cada orilla para mantenerla en posición doblada de manera que los lados más largos se encontraron, quedando la parte de la flor hacia adentro. Posteriormente se colocó uno de los dos extremos de la probeta en la pinza superior ajustando la misma (gráfico 4).

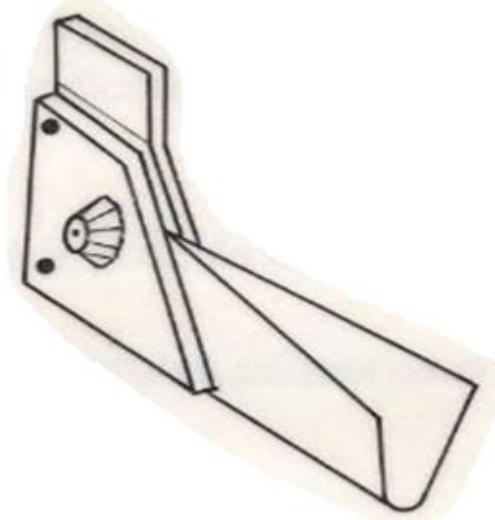


Gráfico 4. Pinza de sujeción superior (móvil).

Se dobló hacia abajo el extremo libre de la probeta, quedando la parte de la flor hacia afuera, y colocar en la pinza inferior, cuidando que no quedara floja la probeta, ni por el contrario, más tenso que lo requerido (gráfico 5).

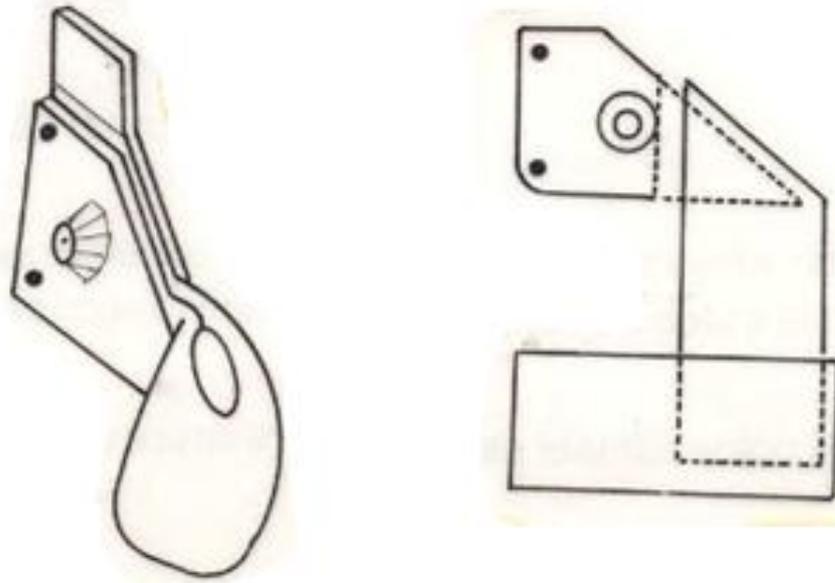


Gráfico 5. Pinza de sujeción inferior (fija) y ubicación de la probeta.

Una pinza quedó fija y la otra se mueve hacia atrás y hacia adelante ocasionando que el doble en la probeta se extienda a lo largo de ésta. La probeta fue examinada periódicamente para valorar el daño que ha sido producido.

c. Evaluación periódica de la probeta

Se examinó la probeta después de 1000, 5000 y 10.000 flexiones (ciclos), y luego, cada 10.000 hasta las 50.000 flexiones, cuando se alcanzó la máxima cantidad de flexiones se apagó el motor y se examinó el acabado del cuero para evidenciar si se produjo algún daño. Una vez observada la probeta fue colocada nuevamente en la máquina, y si era necesario continuar con las flexiones, al colocarla nuevamente en la máquina se fijó lo más exactamente posible como se encontraban previamente.

En el examen del acabado de un cuero para la evaluación del daño, resultó importante una buena iluminación de la superficie y para mejorar la apreciación se utilizó una lupa de 6 aumentos para observar mejor los daños ocasionados.

d. Informe de resultados

En el informe de resultados en caso que exista algún daño, se podrán observar algunos cambios como por ejemplo:

- El cambio del matiz del film del acabado (más grisáceo), sin otro daño.
- Resquebrajamiento del acabado con estrías superficiales más grandes o más pequeños.
- Pérdida de la adhesión entre el acabado y el cuero con cambios ligeros o considerables de color en área doblada. Pérdida de la adhesión de una capa del acabado u otra, con cambios ligeros o considerables de color en un área doblada.
- Pulverización o desprendimiento en escamas del acabado, con cambios ligeros o considerables de color

El daño del cuero puede ser de las siguientes clases:

- Desarrollo de pliegues gruesos en la flor (llamada flor suelta).
- Pérdida del grabado de la flor.
- Ruptura de la capa flor.
- Pulverización de las fibras (generalmente en el lado carne o corium que en la capa flor), si ocurrió mucha pulverización, el cuero pudo desarrollar un tacto vacío aún si hay pocos signos de polvo en las superficies.
- Continuación de rompimiento de fibras hasta tal punto que un agujero se desarrolló a través del espesor completo del cuero.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DIMENSIONES DEL ÁREA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EL EQUIPO

1. Área del equipo

Para la implementación del equipo en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Pecuarias fue necesario destinar un área exclusiva para instalar el equipo y para

la operación del mismo. En primer lugar se realizó el cálculo del área que se debe destinar al equipo para lo cual partió de las dimensiones del mismo en base a los planos realizados en el diseño. El equipo constaba de tres principales componentes, el control de mandos y generación de fuerza, el tren de transmisión de fuerza y sistema de flexión. El primer componente (control de mandos y generación de fuerza) consta del panel de control que regula los componentes móviles del equipo, mide las flexiones realizadas y dispone de los indicadores al analista; además contiene el sistema de generación de fuerza (motor y motor reductor) que principalmente sirve para generar y controlar el movimiento de los componentes del equipo. El primer componente está construido en una sola estructura sólida de dimensiones iguales a 0,3465 m de largo y 0,0965 m de ancho, como se muestra en el (anexo1), es decir que el área del componente analizado era de:

$$A_{c1} = B_{c1}L_{c1}$$

Dónde:

- A_{c1} = área del componente 1.
- B_{c1} = base del componente 1.
- L_{c1} = largo del componente 1.

Al aplicar los valores registrados se obtuvo la ecuación para el cálculo del área del componente 1 de la siguiente manera:

$$A_{c1} = B_{c1}L_{c1}$$

$$A_{c1} = 0,0965m * 0,3465m$$

$$A_{c1} = 0,03343m^2$$

El segundo componente (sistema de transmisión de fuerza) consta de los elementos que transmiten la fuerza desde la salida del motor reductor hasta cada una de las pinzas. El segundo componente está construido en una sola estructura sólida de medidas iguales a 1,2135 m de largo por 0,0965 m de ancho por lo cual el área de dicho componente igual a:

$$A_{c2} = B_{c2}L_{c2}$$

Dónde:

- A_{c2} = área del componente 2 en m^2
- B_{c2} = base del componente 2 en m.
- L_{c2} = largo del componente 2 en m.

Conociendo las dimensiones del equipo se determinó que el área del componente dos era igual a:

$$A_{c2} = 1,2135m * 0,0965m$$

$$A_{c2} = 0,1171m^2$$

El tercer componente del equipo (sistema de flexión) es el encargado de sostener el cuero y transmitir la fuerza del tren hasta la probeta, para poder aplicar la flexión al mismo y medir su resistencia a dicho esfuerzo. En vista a que el sistema de flexión se encuentra colocado sobre el sistema de transmisión de fuerza el área que ocupa el tercer componente es igual a área que ocupa el segundo componente.

Para poder conocer el área que ocupa el equipo se aplicó la siguiente ecuación matemática que integra las áreas de cada componente:

$$A_E = A_{c1} + A_{c2}$$

Dónde:

- A_E = área del equipo en m^2

Conociendo el valor de las áreas de los componentes principales que conforman el área del equipo se obtuvo:

$$A_E = 0,03343m^2 + 0,1171m^2$$

$$A_E = 0,1505m^2$$

2. Área para operación del equipo

Para poder operar el equipo de manera adecuada se debe destinar el área para que se desenvuelvan los analistas que operaran el equipo, además del área dispuesta para el equipo mismo. La cual se determinó con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$A_O = A_A * n_A$$

Dónde:

- A_O = área para operar el equipo en m^2 .
- A_A = área requerida por cada analista en m^2 .
- n_A = número de analistas.

Conociendo que cada analista requiere $2m^2$ para poder realizar las operaciones del equipo, y conociendo además que el número de analistas que operaran el equipo se determinó que el área requerida para los analistas:

$$A_O = A_A * n_A$$

$$A_O = 2 m^2 * 2$$

$$A_O = 4 m^2$$

Es decir que los analistas podrán disponer de un área de $4 m^2$ para poder operar el equipo, no obstante, y para mejorar las condiciones de operación se utilizó un factor de seguridad de 1,5, es decir, que se incrementa en un 50% el área requerida para el analista y por seguridad en el caso que exista algún accidente y se requiera de respuesta inmediata y alejarse del equipo rápidamente. Para determinar el área final se aplicó la siguiente relación matemática:

$$A_O = 4 m^2 * f_s$$

Dónde:

- f_s = factor de seguridad.

Considerando que es necesario un factor de seguridad de 1,5 se determinó el área necesaria para operar el equipo:

$$A_O = 4 \text{ m}^2 * 1,5$$

$$A_O = 6 \text{ m}^2$$

3. Área total requerida para la implementación del equipo

Para la correcta implementación del equipo y para brindar las condiciones más óptimas para su operación se destinó un área específica dentro del laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH. Para la determinación del área requerida se calcularon previamente las áreas para cada componente del equipo y para la operación del mismo aplicando la siguiente relación matemática:

$$A_I = A_O + A_E$$

- A_I = área total requerida para la implementación del equipo en m^2 .

Conociendo el valor de las sub-áreas, tanto la que ocupa el equipo como la necesaria para la operación, se determinó el área total necesaria para a implementación:

$$A_I = A_O + A_E$$

$$A_I = 6 \text{ m}^2 + 0,1505 \text{ m}^2$$

$$A_I = 6,1505 \text{ m}^2$$

4. Distancia simulada en el cuero en la prueba de flexión

En la medición de la resistencia a la flexión se simula la carga a la cual está expuesta el cuero en el uso diario. La flexión es realizada por el dobles que se produce al subir y bajar las pinzas de sujeción, las cuales tienen un recorrido de 0,20 m, este desplazamiento simula las fuerzas aplicadas al cuero en el uso diario del mismo. Para poder determinar el recorrido simulado (es decir la distancia que se recorrería con el artículo utilizado) se aplicó la siguiente ecuación:

$$D_s = R * n_f$$

Dónde:

- D_s = distancia simulada en el cuero en m.
- R = recorrido de las pinzas por flexión en m.
- n_f = número total de flexiones.

Conociendo que el recorrido de las pinzas es igual a 0,20 m (tomadas desde la posición más alta de las pinzas hasta la posición más baja) y que la prueba termina al realizar 50000 flexiones se estableció el recorrido simulado:

$$D_s = 0,20 \text{ m} * 50000$$

$$D_s = 0,20 \text{ m} * 50000$$

$$D_s = 10000 \text{ m}$$

5. Esfuerzo aplicado sobre el cuero durante la prueba

Al ejercer la flexión (dobles) sobre el cuero se ha ejerciendo una carga sobre la estructura fibrilar colagénica que simula el esfuerzo al que estará sometido el cuero en el uso diario cuando sea destinado a la elaboración de un artículo. En base a normativa nacional (NTE INEN 1807) para poder considerar que un cuero es de calidad debe resistir 50000 flexiones, es decir, para verificar la resistencia a la flexión del cuero por el uso diario en la prueba con el equipo, la probeta no debe presentar daños en su estructura posterior a aplicar 50000 flexiones sobre la misma. Para poder determinar la carga aplicada sobre el cuero en la prueba se partió de la siguiente ecuación:

$$C_a = \frac{F_a}{A_p}$$

Dónde

- C_a = carga aplicada a la probeta por cada flexión en Pa.
- F_a = fuerza aplicada a probeta por cada flexión en N.

- A_p = área de la probeta en m^2 .

Para poder comprobar la fuerza aplicada sobre la probeta en cada flexión se considera que el movimiento de cada flexión inicia cuando la pinza de sujeción superior se encuentra en la posición más alta y termina cuando la pinza se llega a la posición más baja. Considerando además que cuando el movimiento inicia la velocidad de la pinza es 0 y que por cada flexión se realiza dos desplazamientos de igual magnitud pero inversos en dirección se estableció la fuerza aplicada por flexión en base a la siguiente ecuación:

$$F_a = 2 * m_p * a_p$$

Dónde:

- m_p = masa de la probeta en Kg.
- a_p = aceleración que la pinza imprime a la probeta en m/s^2 .

Para determinar la aceleración que aplica la pinza a la probeta se partió de la siguiente ecuación:

$$a_p = \frac{v_f - v_o}{t}$$

Dónde:

- v_f = velocidad de la pinza en m/s.
- v_o = velocidad inicial de la pinza en m/s.
- t_f = tiempo que se tarda cada flexión en s.

Para fijar la velocidad con que se desplaza la pinza al realizar una flexión se partió de la siguiente ecuación:

$$v_f = \frac{R}{t_f}$$

Dónde:

- R = recorrido de la pinza en m.
- t_f = tiempo que dura cada flexión en s.

Considerando que el equipo opera a un régimen de 150 flexiones por min se fijó el tiempo por cada flexión en base a la siguiente ecuación:

$$t_f = \frac{1min}{n_f}$$

- n_f = número de flexiones ejercidas por min.

Conociendo que se realizan 150 flexiones por minuto se consideró que el tiempo necesario para realizar una flexión es:

$$t_f = \frac{1min}{n_f}$$

$$t_f = \frac{1min}{150}$$

$$t_f = 0,0067 min$$

$$t_f = 0,0067 min * 60 s$$

$$t_f = 0,4 s$$

El recorrido de la pinza (desde la posición más alta hasta la posición más baja) es igual a 0,20 m se estableció la velocidad de la pinza.

$$v_f = \frac{R}{t_f}$$

$$v_f = \frac{0,20 m}{0,4 s}$$

$$v_f = 0,50 m/s$$

Considerando que la velocidad de la pinza al inicio de cada flexión es igual a cero la aceleración que imprime la pinza a la probeta se determinó de la siguiente manera:

$$a_p = \frac{v_f - v_o}{t}$$

$$a_p = \frac{0,50 \text{ m/s} - 0 \text{ cm/s}}{0,4\text{s}}$$

$$a_p = 1.25 \text{ m/s}^2$$

Para determinar la masa de la probeta se aplicó la siguiente relación de carácter matemático:

$$m_p = \rho_c * V_p$$

Dónde:

- V_p = volumen de la probeta en m^3 .
- ρ_c = densidad del cuero.

Para la determinación del volumen de cada probeta se partió de la siguiente relación matemática:

$$V_p = A_p * E_p$$

Dónde:

- A_p = área de la probeta en m^2 .
- E_p = espesor de la probeta en m.

Para determinar el área del cuero, y conociendo que la normativa establece las dimensiones de la probeta, el área de cada probeta se determinó en base a la siguiente relación matemática:

$$A_p = L_p * B_p$$

Dónde:

- L_p = largo de la probeta en m.
- B_p = base de la probeta en m.

Conociendo que las dimensiones de la probeta son 0,07 m por 0,045 m se determinó el área de cada probeta:

$$A_p = L_p * B_p$$

$$A_p = 0,07 \text{ m} * 0,045 \text{ m}$$

$$A_p = 0,00315 \text{ m}^2$$

Conociendo que el espesor del cuero (y por ende de la probeta) es de 0,001 m el volumen del cuero se determinó:

$$V_p = 0,00315 \text{ m}^2 * 0,001 \text{ m}$$

$$V_p = 3,15 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Conociendo que la densidad del cuero es igual a 1140 Kg/m³ la masa de la probeta se determinó:

$$m_p = 1140 \text{ Kg/m}^3 * 3,15 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m_p = 3,591 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

Habiendo determinado las variables requeridas para el cálculo se estableció la fuerza aplicada a la probeta en cada flexión:

$$F_a = 2 * 3,591 \times 10^{-3} \text{ Kg} * 1,25 \text{ m/s}^2$$

$$F_a = 8,9775 \times 10^{-3} \text{ Kg} * \text{m/s}^2$$

$$F_a = 8,9775 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Para determinar el esfuerzo total aplicado al cuero durante la ejecución del análisis se aplicó la siguiente relación matemática:

$$F_T = F_a * n_f$$

Dónde:

- F_T = fuerza aplicada en la prueba en N.
- n_f = número de flexiones.

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación se determinó la fuerza total aplicada:

$$F_T = 8,9775 \times 10^{-3} N * 50000$$

$$F_T = 448,875 N$$

Es decir que el cuero es sometido a una fuerza total de 448,875 N durante la ejecución de la prueba. Para determinar la carga aplicada durante el análisis se aplicó la siguiente relación matemática:

$$C_T = \frac{F_T}{A_p}$$

- C_T = carga total en unidades de presión.

Conociendo el valor del área de cada probeta y conociendo que el área de la probeta es igual a 0,00315 m² y que la fuerza total aplicada a la probeta en la duración de la prueba es igual a 448,875 N se determinó la carga total aplicada a la probeta:

$$C_T = \frac{448,875 N}{0,00315 m^2}$$

$$C_T = 142500 Pa$$

Es decir que los cueros que reportan la prueba de resistencia a la flexión pueden soportar una carga durante la vida útil del artículo superior a 142500 Pa.

6. Cálculo de la eficiencia del equipo

Para calcular la eficiencia del prototipo mecánico para medir la resistencia a la flexión del cuero la determinamos con la siguiente fórmula matemática.

$$\eta = \left(1 - \frac{F_e - F_o}{F_e}\right) * 100$$

Dónde:

- η = Eficiencia del equipo en %.
- F_e = Flexión inicial esperada en ciclos.
- F_o = Flexión Observada en ciclos.

Conociendo los resultados de las pruebas de flexión que se describen en el (cuadro 7) procedemos al cálculo:

$$\eta = \left(1 - \frac{1 - 1}{1}\right) * 100$$

$$\eta = 100\%$$

Lo que indica que el equipo tiene una eficiencia del 100%.

3. Fundamento

La resistencia a la flexión determina la capacidad que el cuero presentara a la flexión continuada producto del uso diario del artículo al cual será destinado, para ello el flexómetro, por medio de un sistema de pinzas de sujeción, recrea el movimiento que ocasiona la flexión y lo repite hasta 50000 veces, posterior a este valor se evidencia la estructura del cuero para verificar la presencia de daños en el mismo. Si a las 50000 flexiones el cuero no presenta daños en su estructura se considera que el cuero aprueba la medición de la calidad.

B. PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS APLICADAS AL CUERO

1. Ordenamiento de los resultados

Para poder medir la exactitud y precisión del equipo que fue implementado en el laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias se realizó la medición de 5 muestras de cuero en el equipo implementado y paralelamente se realizó el mismo análisis en un laboratorio exterior, el cual posee acreditación de la exactitud de los resultados, en muestras tomadas de la misma matriz para analizarlas en el equipo, para posteriormente comparar estadísticamente los resultados registrados en ambos métodos y poder determinar la exactitud del equipo.

Los resultados del laboratorio acreditado (ANCE), serán considerados como reales y se estima que su error es despreciable, determinando que el valor registrado es de resistencia a la flexión. La exactitud de los resultados, es decir la concordancia del valor obtenido con relación a un valor considerado como real, depende de muchos factores, principalmente de la aparición de errores que afecten al resultado. Los resultados que pueden aparecer dentro de la medición son tres:

- Errores aleatorios: son errores que no dependen del analista o del método de medición aplicado y que son imposibles de atribuir a algún elemento, por ende son imposibles de corregir.
- Errores sistemáticos: son los errores implícitos en el analista o el equipo y que son detectables y pueden ser corregidos.
- Errores grosos: son errores intolerables y que se derivan de la negligencia del analista. Estos errores son intolerables en vista a que se generan exclusivamente por la negligencia del analista, como puede ser, por confundir muestras de cuero, anotar de manera incorrecta los resultados reportados, entre otros.

La combinación indeseada de los errores representados refleja distorsiones en los resultados obtenidos frente a los valores considerados reales.

2. Datos cuantitativos de la resistencia a la flexión

Las muestras que lograron resistir las 50000 flexiones en el equipo obtienen una calificación de aprobado, representado por la simbología A mientras que las probetas que presentaron rupturas en la superficie analizada antes de las 50000 flexiones obtuvieron una calificación de no aprobado, representado por la simbología N, como se muestra en el (cuadro 3).

Los cueros que registraron en el análisis de resistencia a la flexión una calificación igual a aprobado presentan características funcionales de alta calidad, y dicha característica será traducida al artículo confeccionado, presentando una elevada resistencia al uso diario, a golpes o estiramientos accidentales y una elevada vida útil aportando a que el artículo sea apreciado en el mercado y que disponga por esta característica un valor agregado.

Cuadro 3. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FLEXOMETRIA.

Parámetro de medición	Valor cuantitativo de resistencia a la flexión	Simbología
La muestra resiste las 50000 flexiones	APROBADO	A
La muestra no resiste las 50000 flexiones	NO APROBADO	N

Los resultados obtenidos por el laboratorio de referencia se muestran en el (cuadro 4).

Cuadro 4. RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REALIZADO EN ANCE.

Muestra	Resultado
1	A
2	A
3	A
4	A
5	A

Los resultados de la resistencia a la flexión registrados por el equipo implementado se muestran en el (cuadro 5).

Cuadro 5. RESULTADO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REALIZADO EN EL LABORATORIO DE CURTICIÓN DE LA FCP.

Muestra	Resultado
1	A
2	A
3	A
4	A
5	A

Para poder realizar el procesamiento estadístico de los datos obtenidos se aplicó una conversión de los datos, con factores que permitan transformar el valor cuantitativo obtenido a un valor numérico reflejando la calidad del cuero registrada en cada muestra. Para ello se aplicó el siguiente sistema de conversión descrito en el (cuadro 6).

Cuadro 6. TRANSFORMACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ORDEN CUALITATIVO A ORDEN CUANTITATIVO APLICADO A LOS RESULTADOS REPORTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

Valor cualitativo de resistencia a la flexión	Valor cuantitativo de resistencia a la flexión
A	1
N	0

Es por ello que al realizar la transformación de los resultados cualitativos en cuantitativos permite el procesamiento de los mismos mediante la aplicación de herramientas estadísticas para poder determinar la exactitud y la precisión del equipo implementado, como se muestra en el (cuadro 7).

Cuadro 7. RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN REPORTADOS POR EL LABORATORIO DE REFERENCIA. Y DEL LABORATORIO DE FCP.

Datos laboratorio ANCE		Datos laboratorio FCP	
Muestra	Resultado	Muestra	Resultado
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	3	1
4	1	4	1
5	1	5	1

3. Precisión del equipo

La precisión describe la reproducibilidad de los resultados; es decir, la concordancia entre los valores numéricos de dos o más mediciones repetidas o que se han efectuado exactamente de la misma forma. Para ello se procesó los datos obtenidos en el laboratorio de curtiación de la FCP obteniéndose los resultados reportados en el (cuadro 8).

Cuadro 8. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LOS RESULTADOS REPORTADOS POR EL EQUIPO IMPLEMENTADO.

Estadístico	Valor
Número de datos	5
Media	1
Desviación estándar absoluta	0
Desviación estándar relativa	0
Error estándar de la media	0
Coefficiente de variación	0
Varianza	0

En vista que el método para determinar la resistencia a la flexometría puede dar únicamente dos posibles respuestas (resiste o no las 50000 flexiones), la posibilidad que se generen errores en la medición que afecten la precisión es mínima, incluso a un nivel que se puede considerar que el equipo posee la precisión máxima posible, en vista a que tanto la desviación estándar, el error estándar de la media, el coeficiente de variación y la varianza obtuvieron un valor de 0, reflejando que se obtendrá siempre el mismo valor al analizar muestras idénticas.

4. Exactitud del equipo

La exactitud describe si un resultado experimental es correcto expresado como la cercanía de la medición a un valor verdadero o aceptado. La exactitud es un término relativo en el sentido de que un método es exacto o inexacto dependiendo en gran medida de las necesidades del científico y de las dificultades del problema analítico, como se muestra en el (cuadro 9).

Cuadro 9. DETERMINACIÓN DE LA EXACTITUD DE LOS RESULTADOS REPORTADOS POR EL EQUIPO IMPLEMENTADO.

Estadístico	Valor
Media muestral ANCE	1
Media muestral FCP	1
Sesgo	0
Error relativo	0
Exactitud	100

Al tener un sesgo igual a cero significa que no existe diferencia entre el valor obtenido por el equipo con relación al valor considerado real.

C. RESULTADO DE LAS PRUEBAS SENSORIALES APLICADAS A LAS MUESTRAS DE CUERO

1. Blandura

En la blandura se utiliza, en base a la experiencia del analista, el sentido del tacto para poder reflejar en puntos, de acuerdo a un sistema de calificación donde el cuero más blando recibe puntuaciones cercanas a 5 puntos, mientras que los cueros menos blandos reciben puntuaciones inferiores en función a su escasez de blandura, y la sensación que dará al usuario. Es importante evaluar a la par las características sensoriales y las resistencias físicas, como la resistencia a la flexión, que presenta el cuero, en vista a que si un cuero es altamente resistente pero muy poco blando generara en el usuario un rechazo del artículo ya que, a pesar de alta resistencia (que no es apreciada por el consumidor de manera inmediata), si no presenta comodidad en el uso, como una adecuada blandura, el usuario no quedará satisfecho con el artículo y la calidad del cuero se verá reducida, perdiendo capacidad de introducción en el mercado.

Caso contrario, si el cuero presenta características sensoriales muy adecuadas pero no brinda resistencia adecuada a los esfuerzos y cargas a los cueles está expuesto en el uso, el usuario rechazará el artículo pues el mismo no resiste en el tiempo y presenta una vida útil muy baja que se categorizaría como perdida, a pesar que inicialmente el usuario este satisfecho con la agradable sensación y comodidad que presenta el artículo en el uso inicial.

Como se muestra en el (cuadro 10) y (gráfico 6), los cueros presentaron una blandura promedio igual a 3,60 puntos, lo que es indicativo de que el cuero presenta una sensación de blandura al tacto del usuario, lo que se traduce en comodidad en el uso y satisfacción total del usuario. En vista a que el cuero presenta una elevada resistencia a la flexión (medición realizada por medio del equipo implementado), y una blandura alta (valoración realizada por medio del criterio y experiencia del analista), se puede indicar que el cuero presenta características de elevada calidad y la comercialización de los artículos confeccionados con el cuero presentara la misma calidad óptima.

Cuadro 10. RESULTADO DEL ANÁLISIS SENSORIAL CORRESPONDIENTES A BLANDURA QUE PRESENTARON LAS MUESTRAS DE CUERO.

Estadístico	Cromo
Media	3,60
Error típico	0,24
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desviación estándar	0,55
Varianza de la muestra	0,30
Curtosis	-3,33
Coefficiente de asimetría	-0,61
Rango	1,00
Mínimo	3,00
Máximo	4,00
Suma	18,00
Cuenta	5,00

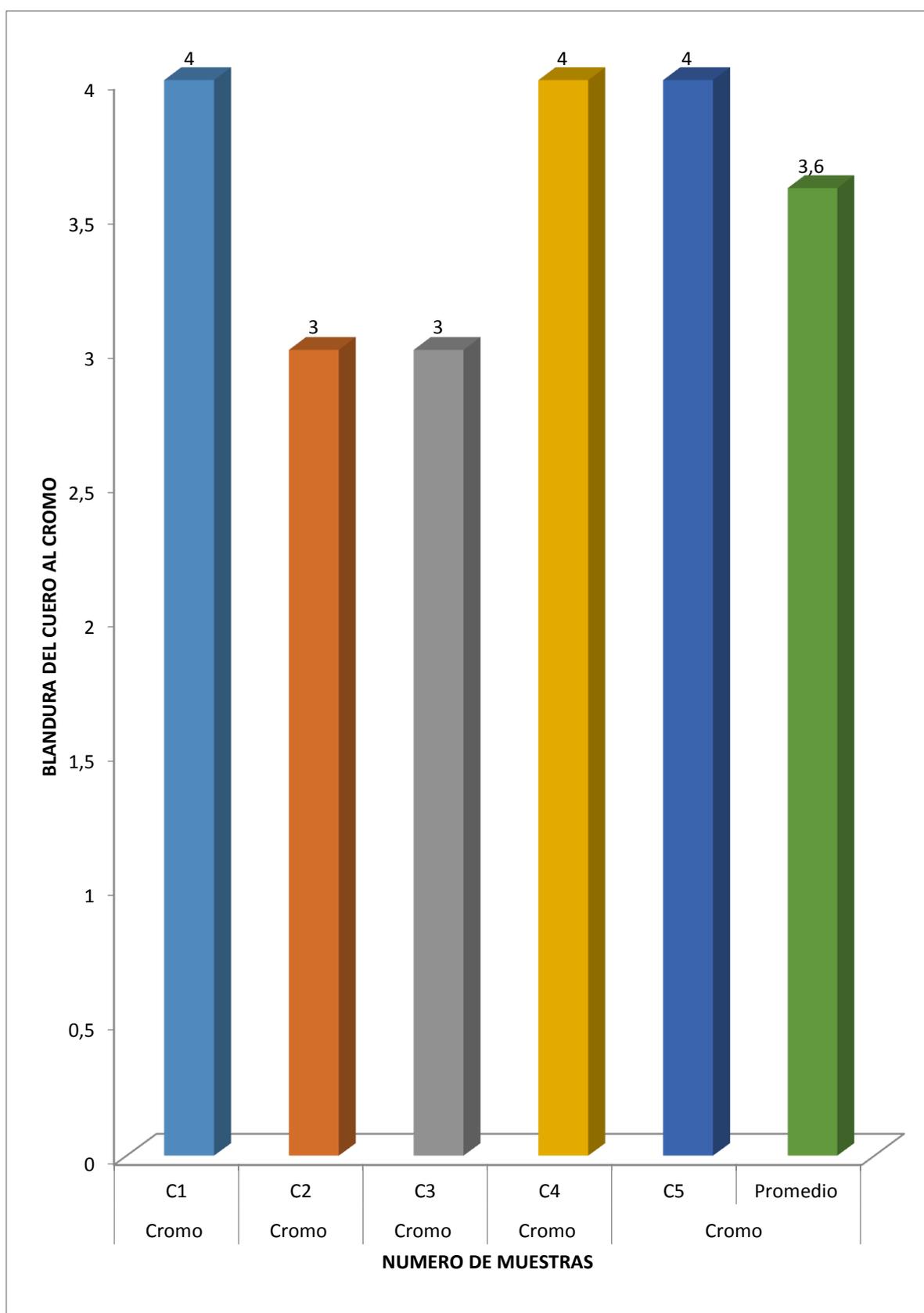


Gráfico 6. Resultado del análisis sensorial correspondiente a blandura que presentaron las muestras de cuero.

2. Llenura

El cuero es una estructura fibrilar que en su interior posee espacios vacíos que son ocupados por los productos de curtición, recurtido y acabado. La cantidad de productos que ingresan al cuero y se mantiene fijos en los espacios interfibrilares proporcionan al cuero una mayor compactación y al tacto una sensación de que el cuero internamente se encuentra lleno. La medición sensorial de la llenura representa la valoración de dicho grado de llenado de los espacios interfibrilares por los productos de curtido y recurtido principalmente, y en menor proporción de los productos de terminado. La llenura, a pesar de que se exprese como puntuación de un análisis sensorial, guarda estrecha relación con la capacidad del cuero para resistir esfuerzo o cargas que provocan su ruptura (como la flexión). Dicha relación es debido a que si un cuero es lleno, es decir que la separación entre las fibras está llena de productos de curtido, recurtido y acabado, existirán en el interior del cuero mayor cantidad de materiales en los cuales se distribuyan las cargas, por ende, se disminuye la fuerza que cada fibra experimenta por la carga. No obstante, si el cuero presenta una escasa llenura se puede proyectar que su resistencia a los esfuerzos físicos también sea baja, en vista a que en su interior, principalmente entre las fibras, la cantidad de material es mínima y las cargas se aplican directamente a las fibras, las cuales son fácilmente rotas.

Al analizar los resultados reportados por el análisis en el presente análisis sensorial se evidencia que la llenura, la cual presentó una puntuación en promedio igual a 4,6 puntos correspondiente a buena, como se muestra en el (cuadro 11) y (gráfico 7), guarda relación con los resultados obtenidos en el análisis físico correspondiente a la resistencia a la flexión, en vista a que los cueros al presentar una llenura aceptable en su interior los espacios interfibrilares se encuentran ocupados por los productos de curtición, recurtición y acabado los cuales mejoran la resistencia a las cargas aplicadas sobre el cuero, en vista a que la fuerza se divide para todos los materiales presentes y la carga que cada fibra es menor que la que experimentaría en el caso que los cueros presentaran una deficiente llenura (puntuaciones menores de 2).

Cuadro 11. RESULTADO DEL ANÁLISIS SENSORIAL CORRESPONDIENTES A LLENURA QUE PRESENTARON LAS MUESTRAS DE CUERO.

Estadístico	Cromo
Media	4,6
Error típico	0,24
Mediana	5,00
Moda	5,00
Desviación estándar	0,55
Varianza de la muestra	0,30
Curtosis	-3,33
Coefficiente de asimetría	-0,61
Rango	1,00
Mínimo	4,00
Máximo	5,00
Suma	23,00
Cuenta	5,00

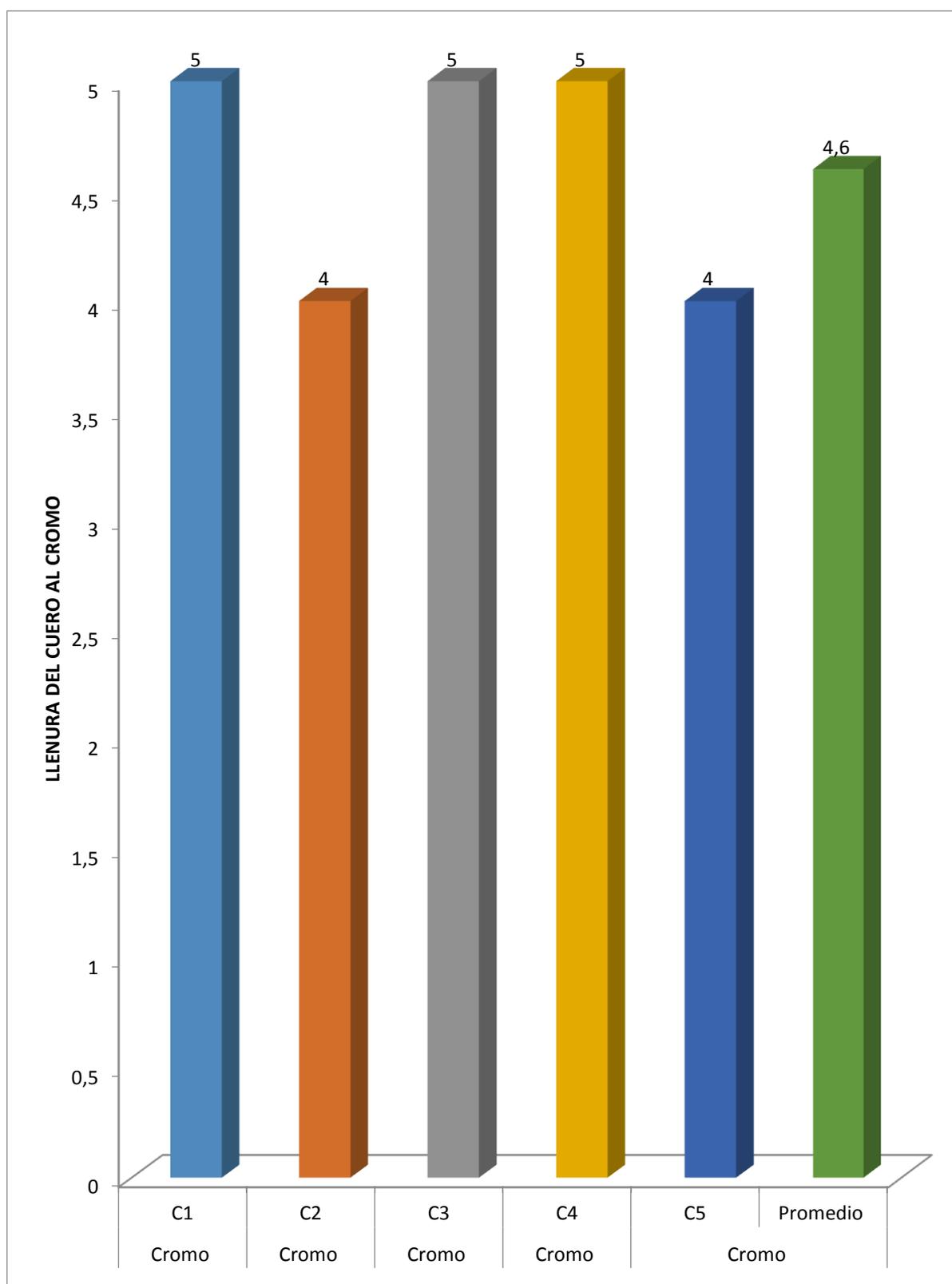


Gráfico 7. Resultado del análisis sensorial correspondiente a llenura que presentaron las muestras de cuero.

D. MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

1. Alcance

El presente manual está destinado a la operación correcta del equipo de medición de resistencia a la flexión (flexómetro) instalado en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2. Objetivo

El presente manual tiene como objetivo establecer los lineamientos y protocolos de operación del flexómetro para medir la resistencia a la flexión para obtener resultados exactos y precisos de las características físicas de la muestra.

4. Procedimiento

a. Toma y preparación de la muestra

Se deben preparar 5 probetas (muestras) del cuero a analizar para realizar cada ensayo; la probeta debe tener una forma rectangular provenientes de cortes del cuero en zonas cercanas con unas dimensiones de 70 por 40 mm, las cuales deben ser tomadas en dirección paralela a la espina dorsal y la otra en dirección perpendicular, en base a lo establecido en la norma IUP 6, como observamos en la (figura 1 y 2).

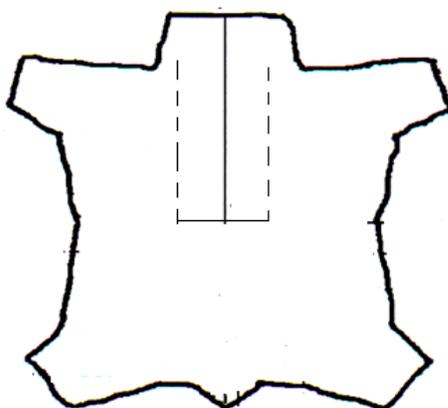


Figura 1. Zona de toma de muestra.

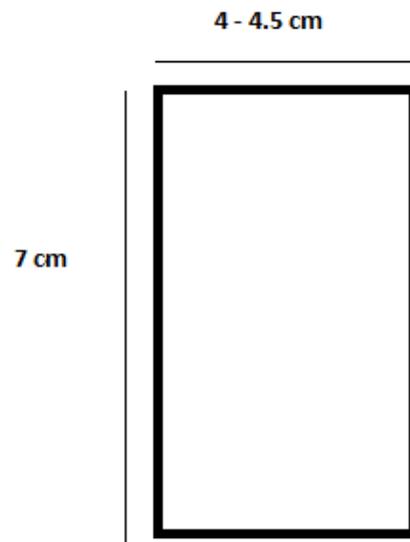


Figura 2. Medidas de la probeta.

b. Número de replicados

Para mejorar la validez de los resultados es necesario realizar el ensayo por duplicado, utilizando diferentes probetas para cada ensayo.

c. Colocación de la probeta en las pinzas y procedimiento del equipo

- Colocar la pinza superior del Flexómetro en posición horizontal utilizando para ello la manivela situada a la izquierda de la caja principal.
- La probeta de cuero a probar debe ser doblada doblada y sujeta a cada orilla para mantenerla en posición doblada de manera que los lados más largos se encontraron, quedando la parte de la flor hacia adentro.
- Colocar uno de los dos extremos de la probeta en la pinza superior ajustando la misma, (figura 3).

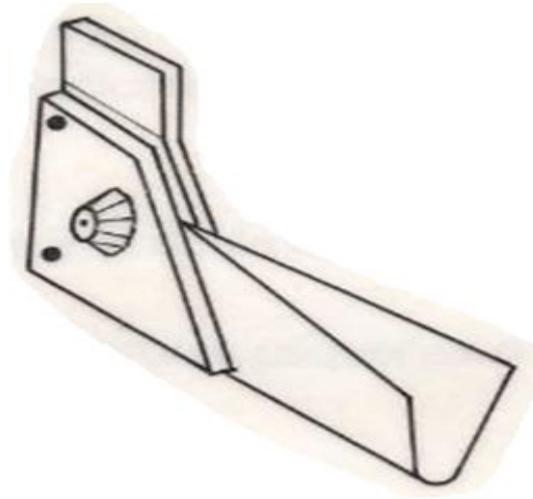


Figura 3. Pinza de sujeción superior (móvil).

- Doblar hacia abajo el extremo libre de la probeta, quedando la parte de la flor hacia afuera, y colocar el extremo restante en la pinza inferior, cuidando que no quedara floja la probeta, ni por el contrario, más tenso que lo requerido como se muestra en la (figura 4).

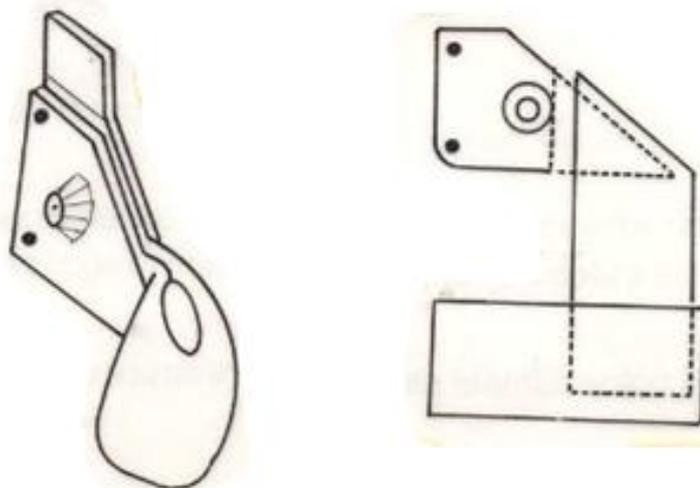


Figura 4. Pinza de sujeción inferior (fija) y ubicación de la probeta.

- Dejar en 0 el marcador de las flexiones y encender el equipo.
- Borrar memoria con el botón de RST, (ubicado en la parte inferior izquierda del contador digital), con el botón OUT, (recorremos los espacios para escoger el número de flexiones que queremos realizar), el botón CNT y TMR (sirven para escoger el número de flexiones), como se observa en la (fotografía 5).

- Con el botón de color verde iniciamos la operación (START), con el botón rojo paramos la operación (PAUSE/STOP). Como podemos ver en la (fotografía 6).
- Fijar una pinza y dejar libre la otra, la cual se moverá hacia atrás y hacia delante ocasionando que el dobles en la probeta se extienda a lo largo de esta.
- Examinar periódicamente la probeta para valorar el daño que ha sido producido.



Fotografía 5. Contador digital.



Fotografía 6. Pulsadores de encendido y apagado.

d. Verificación del daño de la probeta

- Se debe examinar la probeta después de 1000, 5000 y 10000 flexiones (ciclos), y luego, cada 10000 hasta las 50000 flexiones.

- cuando se alcance la máxima cantidad de flexiones apagar el motor y se examinar el acabado del cuero para evidenciar si se produce algún daño en la misma producto de las flexiones.
- Anotar cualquier defecto observado, su naturaleza, y el número de flexiones (ciclos), al cual se observó el defecto.
- Una vez observada la probeta colocarla nuevamente en la máquina, y si fuera necesario continuar con las flexiones, al colocarla nuevamente en la máquina se debe procurar que la sujeción de la misma sea lo más exactamente posible como se encontraban previamente.

e. Informe de resultados

En el informe de resultados se debe incluir, por cada muestra o probeta, los daños sufridos durante el ensayo, los cuales pueden ser:

- El cambio del matiz del film del acabado (más grisáceo), sin otro daño.
- Resquebrajamiento del acabado con estrías superficiales más grandes o más pequeños.
- Pérdida de la adhesión entre el acabado y el cuero con cambios ligeros o considerables de color en área doblada. Pérdida de la adhesión de una capa del acabado u otra, con cambios ligeros o considerables de color en un área doblada.
- Pulverización o desprendimiento en escamas del acabado, con cambios ligeros o considerables de color.

El daño del cuero puede ser de las siguientes clases:

- Desarrollo de pliegues gruesos en la flor (llamada flor suelta).
- Pérdida del grabado de la flor.
- Ruptura de la capa flor.
- Pulverización de las fibras (generalmente más probable en el lado carne o corium que en la capa flor), si ocurre mucha pulverización, el cuero puede desarrollar un tacto vacío aún si hay pocos signos de polvo en las superficies.

- Continuación de rompimiento de fibras hasta tal punto que un agujero se desarrolle a través del espesor completo del cuero.

Además se debe indicar el número de probetas ensayadas y el número de las probetas que sufrieron daños.

5. Mantenimiento del equipo

- Antes de realizar cada análisis se debe limpiar y verificar las condiciones del equipo antes de integrar las probetas.
- Se debe realizar un mantenimiento programado cada 10000 horas de uso continuo (alrededor de 800 análisis), el cual se debe lubricar con aceite SAE 15W 40 en los rodamientos y partes del equipo que estén expuestos a fricción.
- Cada 1000 horas de uso continuo (es decir cada 80 análisis), se debe verificar las condiciones de los cables y aislamientos eléctricos existentes en los componentes energizados. Si se verifican cables más aislados se os debe reemplazar por seguridad, para ello se debe desconectar el equipo previamente.

G. PROYECCIÓN ECONÓMICA

Los costos del prototipo mecánico para evaluar la resistencia a la flexión, se evaluaron de acuerdo a los costos de los materiales adquiridos, costos de los equipos electrónicos como el contador digital, el motor reductor, costos de construcción de los elementos mecánicos diseñados y mano de obra, como se indica en el (cuadro12).

Todo equipo construido debe ser sometido a pruebas que comprueben su correcto funcionamiento, los resultados de eficiencia, exactitud, y precisión arrojados por el prototipo mecánico para evaluar la flexometría del cuero, demuestran que existe un ahorro significativo que beneficia a medianas y pequeñas curtiembres incrementando el nivel industrial competitivo en el mercado globalizado, ya que se pueden replicar prototipos mecánicos, que son construidos en otros países.

Cuadro 12. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CUERO.

Detalle	Cantidad	Valor unitario	Total
Eje	1	50	50
Bocinas	5	10	50
Planchas de acero inoxidable	1	600	600
Chumacera 32 mm	2	60	120
Tol inoxidable	1	80	80
Pulsador	3	14	42
Contactador KM1 con bobina de 110 w	1	450	450
Aprietes	10	30	600
Alambre flexible # 16 m	4m	2,5	10
Pernos de 1/2 * 16,5	4	3	12
Tornillos 3/16*1	28	0,2	5,6
Microswitch	1	10	10
Fusible 9 A	1	5	5
Cable principal doble concéntrico #16	1	8	8
Pintura litro	1	7	7
Motor reductor 1/4 hp	1	960	960
Mano de obra			1000
			4009,6
Costo Curticion de pieles			100
			4109,6

Finalmente la suma de los todos los costos dio un total de 4109,6 dólares americanos, valor que es sumamente inferior comparando con otros equipos similares que se preforman en promedio entre los 20000 dólares americanos, sin tomar en cuenta los costos de importación seguro, y flete.

V. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente estudio de investigación se formuló las siguientes conclusiones:

- Se implementó un prototipo mecánico para evaluar la flexómetro del cuero curtido con cromo en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, tomando en consideración dentro del diseño las directrices establecidas en las normativas nacionales e internacionales referentes a la medición de la resistencia a la flexión.
- Se diseñó un equipo de análisis para medir la resistencia a la flexión de los cueros donde se incluyó elementos y materiales que aseguren un tiempo de vida de mínimo 5 años con el adecuado programa de mantenimiento establecido dentro del manual de operación.
- Se instaló el flexómetro dentro del laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, considerando que las dimensiones del espacio destinado para la instalación disponga de medidas que aseguren la correcta operación del equipo y la seguridad de los analistas.
- Se comprobó la eficiencia operacional del equipo, obteniéndose que la precisión de las respuestas obtenidas fueron iguales a 100% y que la exactitud (tomando como referencia los resultados de un laboratorio acreditado (ANCE), fue igual a 100%, en vista a que al calcular el valor del sesgo se obtuvo 0.
- Los costos de producción del equipo fueron de 4009,6 dólares americanos, el equipo fue construido con materiales de la mejor calidad para asegurar su funcionamiento y precisión.

VI. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se recomienda:

- Operar el equipo con las directrices y protocolos establecidos en el manual de operación para mantener todas las condiciones de análisis homogéneas y que los resultados obtenidos registren la precisión y exactitud deseada.
- Realizar el mantenimiento descrito en el manual de operación del equipo para mantener las condiciones de operación ideales, incrementar la vida útil del equipo y mejorar las condiciones de operación seguras para los analistas.
- Realizar anualmente la verificación de la exactitud y de precisión del equipo con la ayuda de datos obtenidos por un laboratorio acreditado para corregir fallas en la operación del equipo e incrementar la representatividad de los resultados con relación a la resistencia física del cuero.
- Implementar un mayor número de equipos de medición de las condiciones de calidad del cuero para disponer de un banco de pruebas donde se pueda evaluar de manera integral las condiciones del cuero y paralelamente la eficacia del sistema de curtición aplicado para obtener dicho cuero.

VII. LITERATURA CITADA

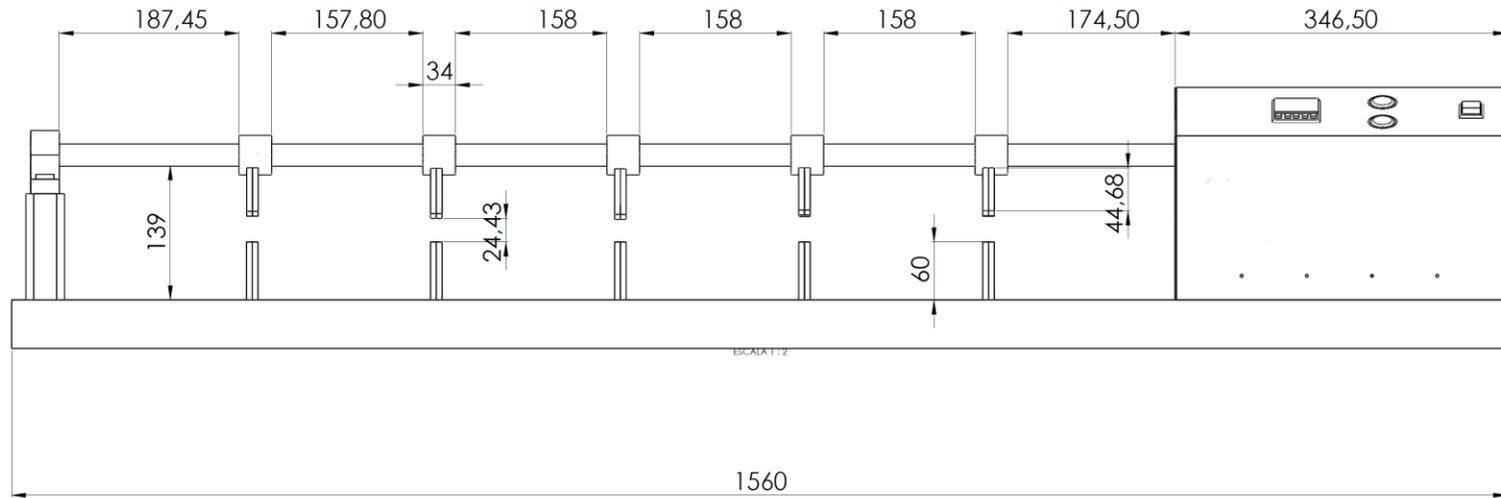
1. ADZET, J. (2005). Química Técnica de Tenaria. sn. Madrid, España. Edit. Romanya Vallas (pp. 1.103,189 – 206).
2. ASOCIACIÓN QUÍMICA ESPAÑOLA DE LA INDUSTRIA DEL CUERO. (2008). Ponencias de Curtiembre y Acabado del Cuero. sn. Barcelona, España. Edit. Córcega p.115.
3. BACARDIT, A. (2004). Química Técnica del Cuero .sn. Cataluña, España. Edit. COUSO p.15.
4. BÚLHER, B. (2000). Como Hacer Trabajos en Cuero para Talabartería.sn. Cuenca, Ecuador. Edit. Kapelusz p.129.
1. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASESORIA TECNOLÓGICA EN EL CUERO (CIATEC). 2005. Manual del Centro de la Investigación y Asesoría tecnológica en el Cuero y calzado. 2a ed. Buenos Aires, Argentina. se. pp 12, 19, 25, 46, 47,52.
5. CÓRDOVA, R. (2000). Conservación y Curtido de Pieles .se. Madrid, España. Edit. Unidad Editorial p.120.
6. COTANCE, A. (2004). Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero. 1a ed. Igualada, España. Edit. Curtidores europeos (pp 23 - 32).
7. HIDALGO, L. (2004). Texto Básico de Curtición de Pieles. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH (pp.10 – 56).
8. <http://www.asebio.com>. 2013. Arendariz, V. Métodos de Control de Calidad de Cuero.
9. <http://www.capraproyecto.com/razas-caprinas.html>. 2013. Brizuela, H. El Curtido de Cueros Caprinos.

10. http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/curtido_al_cromo.htm. 2012. Peña,S. Curtición al Cromo.
11. JACINTO, M. (2000). Influência da Raça e Idades nas Características Histológicas e físico-mecânicas de Couros Caprinos .sn. Sao Paulo, Brasil. Edit. Jaboticabal (pp.44, 45, 46,49).
12. LULTCS, W. (1993). Conferencia de la Industria del Cuero. sn. Barcelona, España. Edit. Separata técnica (pp.30,40).
13. MONSALVE, Y. (2009). Estudio de Caracterización. sn. Bogotá, Colombia Edit. SENA (pp. 84 -87).
14. ORTIZ, N. (2013). Recuperación y Reutilización de Cromo de las Aguas Residuales del Proceso de Curtido. sn. Bogotá, Colombia. se. p.16.
15. PERINAT, M. (2000). Tecnología de la Confección de la Piel. sn. Madrid, España. Edit. EDYM p.18.
16. PORTAVELLA, M. (2005). Tenería y Medio Ambiente. Barcelona, España. Edit. Cíceros (pp 91, 234,263).
17. TRAUTMANN, A. (2009). Histología y Anatomía Microscópica Comparada de los Animales domésticos. sn. La Habana, Cuba. Edit. Instituto Cubano del Libro, Ciencia y Técnica, Pueblo y Educación p. 26.
18. VIAN, A. (2006). Curtición al Cromo. sn. Madrid, España. Edit. Romanya Vallas (pp. 25-28).

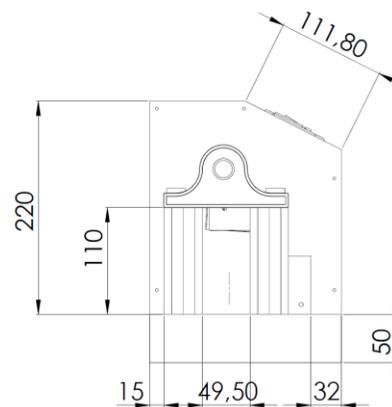
ANEXOS

ANEXO 1. Componentes del prototipo mecánico

VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



ANEXO 2. Receta para la curtición de pieles caprinas

PROCESO	OPERACIÓN	PRODUCTO	%	T°	TIEMPO	
Remojo	baño	agua	200	ambiente	30 min	
		tensoactivo	1			
		cloro	1			
	botar baño					
	baño	agua	200	ambiente	3 horas	
		tensoactivo	0,5			
NaCl		1				
botar baño						
pelambre	embadurnado	agua	5	ambiente	3 horas	
		cal	3			
		sulfuro de sodio	2,5			
		yeso	1			
pelambre en bombo	baño	agua	100	ambiente	10 min	
		sulfuro de sodio	0,2		10 min	
		sulfuro de sodio	0,2	ambiente	10 min	
		agua	50			
		cloruro de sodio	0,5			
		sulfuro de sodio	0,5			
		cal	1	30 min		
		cal	1	30 min		
	cal	1	3 horas			
	girar 5 horas y descansar 1 hora por 20 horas					
	reposo					
	botar baño					
	baño	agua	200	ambiente	20 min	
	botar baño					
baño	agua	100	ambiente	30 min		
	cal	0,5				
botar baño						
desencalado	baño	agua	200	25	30 min	
	botar baño					
	baño	agua	200	25	60 min	
	botar baño					
	baño	agua	100	35	60 min	
		bisulfito de sodio	1			
formiato de sodio		1				
botar baño						
botar baño						
rendido y purgado	baño	agua	200	ambiente	20 min	
	botar baño					
	botar baño					
		agua	60	ambiente	10 min	
		cloruro de sodio	6			
		ácido fórmico 1:10	1,4			

piquelado	baño	1 parte diluido			20 min	
		2 parte diluido			20 min	
		3 parte diluido			60 min	
		ácido fórmico 1:10	0,4			
		1 parte diluido			20 min	
		2 parte diluido			20 min	
		3 parte diluido			20 min	
botar baño						
desengrase	baño	agua	100	35	60 min	
		tensoactivo	2			
	diesel	4				
	botar baño					
baño	agua	100	35	30 min		
	tensoactivo	2				
botar baño						
2do piquelado	baño	agua	60	ambiente	10 min	
		cloruro de sodio	6			
		ácido fórmico 1:10	1			
		1 parte diluido				20 min
		2 parte diluido				20 min
		3 parte diluido				60 min
		ácido fórmico 1:10	0,4			
1 parte diluido		20 min				
2 parte diluido		20 min				
3 parte diluido		60 min				
curtido		cromo	8	70	60 min	
		basificante	0,3			
		primera parte				60 min
		2 parte diluido				60 min
		3 parte diluido				5 horas
agua	100	30 min				
botar baño						
cuero wet blue						
Perchar 12 horas						
raspado						

Fuente: Hidalgo, L. (2015).

Anexo 3. Estadística descriptiva de los datos sensoriales (blandura) medidos en el laboratorio de curtición de pieles de la ESPOCH

			Esperado	Obs- esp	Obs-esp ²
Cromo	C1	4	3,6	0,4	0,16
Cromo	C2	3	3,6	-0,6	0,36
Cromo	C3	3	3,6	-0,6	0,36
Cromo	C4	4	3,6	0,4	0,16
Cromo	C5	4	3,6	0,4	0,16
	Promedio	3,6		Suma	1,2
				Varianza	0,3
				Desviación	0,55

Estadístico	Cromo
Media	3,60
Error típico	0,24
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desviación estándar	0,55
Varianza de la muestra	0,30
Curtosis	-3,33
Coefficiente de asimetría	-0,61
Rango	1,00
Mínimo	3,00
Máximo	4,00
Suma	18,00
Cuenta	5,00

Anexo 4. Estadística descriptiva de los datos sensoriales (llenura) medidos en el laboratorio de curtición de pieles de la ESPOCH

		LLENURA	Esperado	Obs- esp	Obs-esp ²
Cromo	C1	5	4,6	0,4	0,16
Cromo	C2	4	4,6	-0,6	0,36
Cromo	C3	5	4,6	0,4	0,16
Cromo	C4	5	4,6	0,4	0,16
Cromo	C5	4	4,6	-0,6	0,36
	Promedio	4,6		Suma	1,2
				Varianza	0,3
				Desviación	0,55

Estadístico	Cromo
Media	4,6
Error típico	0,24
Mediana	5,00
Moda	5,00
Desviación estándar	0,55
Varianza de la muestra	0,30
Curtosis	-3,33
Coefficiente de asimetría	-0,61
Rango	1,00
Mínimo	4,00
Máximo	5,00
Suma	23,00
Cuenta	5,00

Anexo 5. Estadística descriptiva de la resistencia a la flexión de cueros caprinos medidos en el laboratorio de ANCE

MUESTRA	RESULTADO
1	A
2	A
3	A
4	A
5	A

MUESTRA	RESULTADO	$(xi-x)^2$
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0

Numero de datos	5
Media	1
Desviación estándar absoluta	0
Desviación estándar relativa	0
Error estándar de la media	0
Coefficiente de variación	0
Varianza	0

Anexo 6. Estadística descriptiva de la resistencia a la flexión de cueros caprinos
medidos en el laboratorio de laboratorio de curtición de pieles de la
ESPOCH

MUESTRA	RESULTADO
1	A
2	A
3	A
4	A
5	A

MUESTRA	RESULTADO	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	0
5	1	0

Número de datos	5
Media	1
Desviación estándar absoluta	0
Desviación estándar relativa	0
Error estándar de la media	0
Coefficiente de variación	0
Varianza	0

Exactitud

Estadístico	Valor
Valor medio ANCE	1
Valor medio FCP	1
Sesgo	0
Error relativo	0
Exactitud	100

Anexo 7. Formato para pruebas de flexión

INFORME DE ENSAYO NUMERO N°001

MUESTRAS

1.- CUERO NEGRO – MUESTRA 1	
SECO	HÚMEDO
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	

HOJA TÉCNICA 1: CUERO NEGRO - MUESTRA 1

Prueba	Unidad	Método de Ensayo	Resultado Obtenido	Nivel sugerido
Resistencia a la flexión en seco	Ciclos	IUP 20	50000	Pasan las 50000 flexiones
Resistencia a la flexión en húmedo	Ciclos	IUP 20	20000	Pasan las 20000 flexiones